

# Best Available Copy

PCT/JP2004/010828

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

02.8.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 8月 8日

REC'D 24 SEP 2004

出願番号  
Application Number: 特願 2003-290612

WIPO PCT

[ST. 10/C]: [JP 2003-290612]

出願人  
Applicant(s): コニカミノルタホールディングス株式会社  
シャープ株式会社  
独立行政法人産業技術総合研究所

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月 9日

特許長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川

洋

**【書類名】** 特許願  
**【整理番号】** DKY01595  
**【提出日】** 平成15年 8月 8日  
**【あて先】** 特許庁長官 殿  
**【国際特許分類】** B41J 2/015  
**【国際特許分類】** B41J 2/06  
  
**【発明者】**  
**【住所又は居所】** 東京都日野市さくら町1番地 コニカテクノロジーセンター株式会社内  
**【氏名】** 岩下 広信  
  
**【発明者】**  
**【住所又は居所】** 東京都日野市さくら町1番地 コニカテクノロジーセンター株式会社内  
**【氏名】** 山本 和典  
  
**【発明者】**  
**【住所又は居所】** 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内  
**【氏名】** 西尾 茂  
  
**【発明者】**  
**【住所又は居所】** 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内  
**【氏名】** 村田 和広  
  
**【特許出願人】**  
**【識別番号】** 000001270  
**【氏名又は名称】** コニカミノルタホールディングス株式会社  
  
**【特許出願人】**  
**【識別番号】** 000005049  
**【氏名又は名称】** シャープ株式会社  
  
**【特許出願人】**  
**【識別番号】** 301021533  
**【氏名又は名称】** 独立行政法人 産業技術総合研究所  
  
**【代理人】**  
**【識別番号】** 100090033  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 荒船 博司  
  
**【手数料の表示】**  
**【予納台帳番号】** 027188  
**【納付金額】** 21,000円  
  
**【提出物件の目録】**  
**【物件名】** 特許請求の範囲 1  
**【物件名】** 明細書 1  
**【物件名】** 図面 1  
**【物件名】** 要約書 1

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項1】

吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置であって、

電圧を前記吐出電極に印加することによって、電圧による信号波形を前記吐出電極に出力する電圧印加手段を具備し、

前記絶縁性基材の表面電位の最大値を  $V_{\max}$  [V]、最小値を  $V_{\min}$  [V] とした場合、前記電圧印加手段により出力される信号波形の少なくとも一部における電圧値が次式 (A) の  $V_s$  [V] を満たすことを特徴とする静電吸引型液体吐出装置。

## 【数1】

$$V_s \leq V_{mid} - V_{|max-min|}, V_{mid} + V_{|max-min|} \leq V_s \quad (A)$$

但し、 $V_{|max-min|}$  [V] を次式 (B) で定め、 $V_{mid}$  [V] を次式 (C) で定める。

## 【数2】

$$V_{|max-min|} = |V_{\max} - V_{\min}| \quad (B)$$

## 【数3】

$$V_{mid} = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} \quad (C)$$

## 【請求項2】

前記電圧印加手段により出力される信号波形が前記式 (A) の  $V_s$  を満たす値の定常電圧の波形であることを特徴とする請求項1に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項3】

前記電圧印加手段による出力される信号波形がパルス電圧の波形であり、そのパルス電圧の最大値、最小値のうち少なくとも一方が前記式 (A) の  $V_s$  を満たすことを特徴とする請求項1に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項4】

前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最大値が  $V_{mid}$  よりも大きく、前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最小値が  $V_{mid}$  よりも小さいことを特徴とする請求項3に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項5】

前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最大値と  $V_{mid}$  の差と、 $V_{mid}$  と前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最小値の差とのうち、一方の差が他方の差よりも大きいことを特徴とする請求項3又は4に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項6】

吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置であって、

前記絶縁性基材に対向した除電用電極に、交流電圧を印加する交流電圧印加手段を具備することを特徴とする静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項7】

前記吐出電極が前記除電用電極を兼ねていることを特徴とする請求項6に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 8】

吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置であって、

前記絶縁性基材に対向した除電器を具備し、前記除電器で前記絶縁性基材を除電することを特徴とする静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 9】

前記除電器がコロナ放電方式の除電器であることを特徴とする請求項 8 に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 10】

前記除電器が光を前記絶縁性基材に照射することによって前記絶縁性基材を除電する除電器であることを特徴とする請求項 8 に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 11】

前記吐出口の直径が 25 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする請求項 1 から 10 の何れか一項に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 12】

前記吐出口の直径が 20 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする請求項 11 に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 13】

前記吐出口の直径が 8 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする請求項 12 に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 14】

前記吐出口の直径が 4 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする請求項 13 に記載の静電吸引型液体吐出装置。

## 【請求項 15】

吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法であって、

電圧を前記吐出電極に印加することによって、電圧による信号波形を前記吐出電極に出力する電圧印加工程を含み、

前記絶縁性基材の表面電位の最大値を  $V_{\max}$  [V]、最小値を  $V_{\min}$  [V] とした場合、前記電圧印加工程において出力する信号波形の少なくとも一部における電圧値が次式 (A) の  $V_s$  [V] を満たすことを特徴とする液体吐出方法。

## 【数 4】

$$V_s \leq V_{mid} - V_{|\max-\min|}, V_{mid} + V_{|\max-\min|} \leq V_s \quad (A)$$

但し、 $V_{|\max-\min|}$  [V] を次式 (B) で定め、 $V_{mid}$  [V] を次式 (C) で定める。

## 【数 5】

$$V_{|\max-\min|} = |V_{\max} - V_{\min}| \quad (B)$$

## 【数 6】

$$V_{mid} = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} \quad (C)$$

## 【請求項 16】

前記電圧印加工程の前に、前記絶縁性基材の表面電位分布を計測する計測工程を行い、前記計測工程において計測した表面電位分布のうち最大値を  $V_{\max}$  [V]、最小値を  $V_{\min}$  [V] とすることを特徴とする請求項 15 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 17】**

前記電圧印加工程において出力する信号波形が前記式 (A) の  $V_s$  を満たす値の定常電圧の波形であることを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 18】**

前記電圧印加工程において出力する信号波形がパルス電圧の波形であり、そのパルス電圧の最大値、最小値のうち少なくとも一方が前記式 (A) の  $V_s$  を満たすことを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 19】**

前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最大値が  $V_{mid}$  よりも大きく、前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最小値が  $V_{mid}$  よりも小さいことを特徴とする請求項 18 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 20】**

前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最大値と  $V_{mid}$  の差と、 $V_{mid}$  と前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最小値の差とのうち、一方の差が他方の差よりも大きいことを特徴とする請求項 19 又は 20 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 21】**

吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法であって、

前記絶縁性基材に対向した除電用電極に、交流電圧を印加する交流電圧印加工程と、

前記交流電圧印加工程の後、前記吐出電極に吐出電圧を印加する吐出電圧印加工程と、を含むことを特徴とする液体吐出方法。

**【請求項 22】**

前記除電用電極として前記吐出電極を用いることを特徴とする請求項 21 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 23】**

吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法であって、

前記絶縁性基材を除電する除電工程と、

前記除電工程の後、前記吐出電極に吐出電圧を印加する吐出電圧印加工程と、を含むことを特徴とする液体吐出方法。

**【請求項 24】**

前記除電工程において、コロナ放電方式の除電器で前記絶縁性基材を除電することを特徴とする請求項 23 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 25】**

前記除電工程において、光を前記絶縁性基材に照射する除電器で前記絶縁性基材を除電することを特徴とする請求項 23 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 26】**

前記吐出口の直径が  $25$  [ $\mu m$ ] 以下であることを特徴とする請求項 15 から 25 の何れか一項に記載の液体吐出方法。

**【請求項 27】**

前記吐出口の直径が  $20$  [ $\mu m$ ] 以下であることを特徴とする請求項 26 に記載の液体吐出方法。

**【請求項 28】**

前記吐出口の直径が  $8$  [ $\mu m$ ] 以下であることを特徴とする請求項 27 に記載の液体吐出方法。

## 【請求項29】

前記吐出口の直径が4 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする請求項28に記載の液体吐出方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】静電吸引型液体吐出装置及び液体吐出方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、ヘッドの吐出口から電界により液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置及びそれを用いた液体吐出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のインクジェット記録方式としては、圧電素子の振動によりインク流路を変形させることによりインク液滴を吐出させるピエゾ方式、インク流路内に発熱体を設け、その発熱体を発熱させて気泡を発生させ、気泡によるインク流路内の圧力変化に応じてインク液滴を吐出させるサーマル方式、インク流路内のインクを帯電させてインクの静電吸引力によりインク液滴を吐出させる静電吸引方式が知られている。

【0003】

従来の静電吸引方式のインクジェットプリンタとして、特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4に記載のものが挙げられる。特許文献1～特許文献4の何れのインクジェットプリンタでも、インクの吐出を行うヘッドに吐出電極が設けられており、ヘッドから所定間隔を離れた位置には、接地された対向電極が対向配置されており、この対向電極とヘッドとの間に用紙等の記録媒体が搬送される。そして、吐出電極に電圧を印加することによってインクに帯電させて、ヘッドから対向電極に向かってインクが吐出する。

【特許文献1】特開平8-238774号公報

【特許文献2】特開2000-127410号公報

【特許文献3】特開平11-198383号公報

【特許文献4】特開平10-278274号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、何れの特許文献1～4のインクジェットプリンタでもヘッドに相対するように対向電極を配置しているため、記録媒体の厚さ・材質によって吐出されるインク量が一様にならないことがあり、インクによるドット径が位置によって異なることがある。それを解消するために、記録媒体を導電性とすることによって記録媒体を対向電極として用いることが考えられるが、絶縁性の記録媒体には適用することができない。そこで、絶縁性の記録媒体に対してインクを吐出する場合でも、吐出されるインク量を一様にすることが望まれる。

そこで、本発明は、記録媒体のような基材が絶縁性であっても吐出される液体の量を一様にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するために、請求項1に記載の発明のように、吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置であって、

電圧を前記吐出電極に印加することによって、電圧による信号波形を前記吐出電極に出力する電圧印加手段を具備し、

前記絶縁性基材の表面電位の最大値を  $V_{max}$  [V]、最小値を  $V_{min}$  [V] とした場合、前記電圧印加手段により出力される信号波形の少なくとも一部における電圧値が次式 (A) の  $V_s$  [V] を満たすことを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0006】

請求項15に記載の発明のように、吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基

材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法であって、電圧を前記吐出電極に印加することによって、電圧による信号波形を前記吐出電極に出力する電圧印加工程を含み、

前記絶縁性基材の表面電位の最大値を  $V_{\max}$  [V]、最小値を  $V_{\min}$  [V]とした場合、前記電圧印加工程において出力する信号波形の少なくとも一部における電圧値が次式 (A) の  $V_s$  [V] を満たすことを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0007】

【数7】

$$V_s \leq V_{mid} - V_{|\max-\min|}, V_{mid} + V_{|\max-\min|} \leq V_s \quad (A)$$

但し、 $V_{|\max-\min|}$  [V] を次式 (B) で定め、 $V_{mid}$  [V] を次式 (C) で定める。

【数8】

$$V_{|\max-\min|} = |V_{\max} - V_{\min}| \quad (B)$$

【数9】

$$V_{mid} = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} \quad (C)$$

【0008】

請求項1、15に記載された発明のように、吐出電極に出力される信号波形の少なくとも一部における電圧値が  $V_s$  を満たせば、絶縁性基材の表面における任意の位置での表面電位の影響が小さくなり、吐出にかかる電界をおおよそ一様にすることができる。

【0009】

請求項16に記載された発明のように、請求項15に記載の液体吐出方法であって、前記電圧印加工程の前に、前記絶縁性基材の表面電位分布を計測する計測工程を行い、前記計測工程において計測した表面電位分布のうち最大値を  $V_{\max}$  [V]、最小値を  $V_{\min}$  [V] とすることを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0010】

請求項16に記載の発明では、電圧印加工程の前に計測工程を行っているので、表面電位の変動が大きい絶縁性基材に対し、より安定に液体を吐出することができる。

【0011】

請求項2に記載の発明のように、請求項1に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記電圧印加手段により出力される信号波形が前記式 (A) の  $V_s$  を満たす値の定常電圧の波形であることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0012】

請求項17に記載の発明のように、請求項15又は16に記載の液体吐出方法であって、前記電圧印加工程において出力する信号波形が前記式 (A) の  $V_s$  を満たす値の定常電圧の波形であることを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0013】

請求項2、17に記載の発明のように、信号波形が定常電圧の波形であっても、絶縁性基材の表面における任意の位置での表面電位の影響が小さくなり、吐出にかかる電界をおおよそ一様にすることができる。

なお、定常電圧の値の絶対値が、 $V_{|\max-\min|}$  の5倍以上であるのが好ましく、更に10倍以上であるのがより好ましい。

【0014】

請求項3に記載の発明のように、請求項1に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記電圧印加手段による出力される信号波形がパルス電圧の波形であり、そのパルス電圧の最大値、最小値のうち少なくとも一方が前記式(A)の $V_s$ を満たすことを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0015】

請求項18に記載の発明のように、請求項15又は16に記載の液体吐出方法であって、前記電圧印加工程において出力する信号波形がパルス電圧の波形であり、そのパルス電圧の最大値、最小値のうち少なくとも一方が前記式(A)の $V_s$ を満たすことを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0016】

請求項3、18に記載の発明のように、信号波形がパルス電圧の波形であっても、絶縁性基材の表面における任意の位置での表面電位の影響が小さくなり、吐出にかかる電界をおおよそ一様にすることができる。

なお、パルス電圧の最大値の絶対値、最小値の絶対値のうちの何れかが、 $V_{\max-min}$ の5倍以上であるのが好ましく、更に10倍以上であるのがより好ましい。

【0017】

請求項4に記載の発明のように、請求項3に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最大値が $V_{mid}$ よりも大きく、前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最小値が $V_{mid}$ よりも小さいことを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0018】

請求項19に記載の発明のように、請求項18に記載の液体吐出方法であって、前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最大値が $V_{mid}$ よりも大きく、前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最小値が $V_{mid}$ よりも小さいことを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0019】

請求項4、19に記載されたようなパルス電圧を吐出電極に印加することにより、絶縁性基材の表面における任意の位置での表面電位の影響がより小さくなり、吐出にかかる電界をおおよそ一様にすることができる。

【0020】

請求項5に記載の発明のように、請求項3又は4に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最大値と $V_{mid}$ の差と、 $V_{mid}$ と前記電圧印加手段により印加されるパルス電圧の最小値の差とのうち、一方の差が他方の差よりも大きいことを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0021】

請求項20に記載の発明のように、請求項18又は19に記載の液体吐出方法であって、前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最大値と $V_{mid}$ の差と、 $V_{mid}$ と前記電圧印加工程において印加するパルス電圧の最小値の差とのうち、一方の差が他方の差よりも大きいことを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0022】

請求項5、20に記載されたようなパルス電圧を吐出電極に印加することにより、絶縁性基材の表面における任意の位置での表面電位の影響がより小さくなり、吐出にかかる電界をおおよそ一様にすることができる。

【0023】

請求項6に記載の発明のように、吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置であって、

前記絶縁性基材に対向した除電用電極に交流電圧を印加する交流電圧印加手段を具備することを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0024】

請求項21に記載の発明のように、吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐する静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法であって、

前記絶縁性基材に対向した除電用電極に交流電圧を印加する交流電圧印加工程と、

前記交流電圧印加工程の後、前記吐出電極に吐出電圧を印加する吐出電圧印加工程と、を含むことを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0025】

請求項6、21に記載の発明では、絶縁性基材に対向した除電用電極に交流電圧を印加することによって、絶縁性基材の表面を除電することができ、絶縁性基材の表面電位を小さくし、かつ、絶縁性基材の表面電位の変動を一様にすることができる。

【0026】

請求項7に記載の発明のように、請求項6に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記吐出電極が前記除電用電極を兼ねていることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0027】

請求項22に記載の発明のように、請求項21に記載の液体吐出方法であって、前記除電用電極として前記吐出電極を用いることを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0028】

請求項7、22に記載の発明では、吐出電極が除電用電極を兼ねる。

【0029】

請求項8に記載の発明のように、吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐出する静電吸引型液体吐出装置であって、

前記絶縁性基材に対向した除電器を具備し、前記除電器で前記絶縁性基材を除電することを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0030】

請求項23に記載の発明のように、吐出口を有するヘッドに設けられた吐出電極に電圧を印加することで発生した電界によって、前記吐出口から前記ヘッドに対向した絶縁性基材に向けて液体を吐する静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法であって、

前記絶縁性基材を除電する除電工程と、

前記除電工程の後、前記吐出電極に吐出電圧を印加する吐出電圧印加工程と、を含むことを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0031】

請求項8、23に記載の発明では、絶縁性基材の表面を除電することによって、絶縁性基材の表面電位を小さくし、かつ、絶縁性基材の表面電位の変動を一様にすることができる。

【0032】

請求項9に記載の発明のように、請求項8に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記除電器がコロナ放電方式の除電器であることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0033】

請求項24に記載の発明のように、請求項23に記載の液体吐出方法であって、前記除電工程においてコロナ放電方式の除電器で前記絶縁性基材を除電することを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0034】

請求項10に記載の発明のように、請求項8に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記除電器が光を前記絶縁性基材に照射することによって前記絶縁性基材を除電する除電器であることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0035】

請求項25に記載の発明のように、請求項23に記載の液体吐出方法であって、前記除

電工程において光を前記絶縁性基材に照射する除電器で前記絶縁性基材を除電することを特徴とする液体吐出方法を提供する。

なお、除電器で照射する光の波長はその光の照射により除電できるものであれば特に限定されないが、軟X線、紫外線、 $\alpha$ 線が良い。

【0036】

請求項11に記載の発明のように、請求項1から10の何れか一項に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記吐出口の直径が25 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0037】

請求項26に記載の発明のように、請求項15から25の何れか一項に記載の液体吐出方法であって、前記吐出口の直径が25 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0038】

請求項11、26に記載の発明では、吐出口の直径を25 [ $\mu\text{m}$ ] 以下とすることにより、電界強度分布が狭くなる。

【0039】

請求項12に記載の発明のように、請求項11に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記吐出口の直径が20 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0040】

請求項27に記載の発明のように、請求項26に記載の液体吐出方法であって、前記吐出口の直径が20 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0041】

請求項13に記載の発明のように、請求項12に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記吐出口の直径が8 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0042】

請求項28に記載の発明のように、請求項27に記載の液体吐出方法であって、前記吐出口の直径が8 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0043】

請求項14に記載の発明のように、請求項14に記載の静電吸引型液体吐出装置であって、前記吐出口の直径が4 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする静電吸引型液体吐出装置を提供する。

【0044】

請求項29に記載の発明のように、請求項28に記載の液体吐出方法であって、前記吐出口の直径が4 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることを特徴とする液体吐出方法を提供する。

【0045】

請求項12、13、14、27、28、29に記載の発明では、電界強度分布が更に狭くなる。

【0046】

なお、「基材」とは吐出された液体を受ける対象物をいい、材質的には絶縁性であれば特に限定されない。従って、例えば、本発明の静電吸引型液体吐出装置をインクジェットプリンタに適応した場合には、用紙やシート等の記録媒体が基材に相当し、導電性ペーストを用いて回路の形成を行う場合には、回路が形成されるべきベースが基材に相当することとなる。

また、吐出口の形状は円形に限定されるものではない。例えば、吐出口の断面形状が多角形、星形その他の形状である場合には、その形状の外接円の直径を吐出口の直径とする。

また、吐出口の直径は0.2 [ $\mu\text{m}$ ] より大きい方が望ましい。吐出口の直径を0.2 [ $\mu\text{m}$ ] より大きくすることで、液滴の帶電効率を向上させることができるので、液滴の

吐出安定性を向上させることができる。

ヘッドの吐出口が形成された位置から 500 [ $\mu\text{m}$ ] 離して絶縁性基材を対向配置することができる、吐出口を微小にした場合でも高い着弾精度を得ることができるので好ましい。

また、ヘッド内に存する液体に圧力を印加するように構成することができるが好ましい。

また、パルス電圧の波形は、矩形状であっても良いし、三角形状であっても良いし、サイン波の一つの山形状又は谷形状であっても良いし、交流波形の一つの山形状又は谷形状であっても良い。

#### 【発明の効果】

##### 【0047】

請求項1、2、3、15、16、17、18に記載の発明によれば、絶縁性基材の表面電位が吐出にかかる電界の大きさへの影響を与えることなく、吐出された液体を受ける基材が絶縁性基材であっても吐出口から吐出される液体の量を一様にすることができる。

##### 【0048】

請求項4、19に記載の発明によれば、絶縁性基材の表面電位が吐出にかかる電界の大きさへの影響を与えることなく、吐出された液体を受ける基材が絶縁性基材であっても吐出口から吐出される液体の量をより一様にすることができる。

##### 【0049】

請求項5、20に記載の発明によれば、絶縁性基材の表面電位が吐出にかかる電界の大きさへの影響を与えることなく、吐出された液体を受ける基材が絶縁性基材であっても吐出口から吐出される液体の量をより一様にすることができる。

##### 【0050】

請求項6、21に記載の発明によれば、絶縁性基材の表面を除電することにより絶縁性基材の表面電位を一様にすることができるので、吐出された液体を受ける基材が絶縁性基材であっても吐出口から吐出される液体の量を一様にすることができる。

##### 【0051】

請求項7、22に記載の発明によれば、吐出電極が除電用電極を兼ねることによって、静電吸引型液体吐出装置の構成をシンプルにすることができる。

##### 【0052】

請求項8、9、10、23、24、25に記載の発明によれば、絶縁性基材の表面を除電することによって絶縁性基材の表面電位が吐出にかかる電界の大きさへの影響を与えることなく、吐出された液体を受ける基材が絶縁性基材であっても吐出口から吐出される液体の量を一様にすることができる。

##### 【0053】

請求項11、26に記載の発明によれば、電界強度分布が狭くなることにより、電界を集中させることができ。その結果、形成される液滴を微小で且つ形状の安定化したものとすると共に、総印加電圧を低減することができる。また、液滴は、ノズルから吐出された直後、電界と電荷の間に働く静電力により加速されるが、ノズルから離れると電界は急激に低下するので、その後は、空気抵抗により減速する。しかしながら、微小液滴でかつ電界が集中した液滴は、絶縁性基材に近づくにつれ、鏡像力により加速される。この空気抵抗による減速と鏡像力による加速とのバランスをとることにより、微小液滴を安定に飛翔させ、着弾精度を向上させることができる。

##### 【0054】

請求項12、13、14、27、28、29に記載の発明によれば、さらに電界を集中させることができ。さらなる液滴の微小化と、飛翔時に絶縁性基材の距離の変動が電界強度分布に影響することを低減させることができるので、絶縁性基材の位置精度や特性の液滴形状への影響や着弾精度への影響を低減することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0055】

以下に、本発明を実施するための最良の形態について図面を用いて説明する。但し、以

下に述べる実施形態には、本発明を実施するために技術的に好ましい種々の限定が付されているが、発明の範囲を以下の実施形態及び図示例に限定するものではない。

### 【0056】

以下の実施形態で説明する静電吸引型液体吐出装置に備わったノズルの先端に形成された吐出口の直径（以下、ノズル径とも言う。）は、30 [ $\mu\text{m}$ ] 以下であることが好ましく、さらに好ましくは25 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに好ましくは20 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに好ましくは10 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに好ましくは8 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに好ましくは4 [ $\mu\text{m}$ ] 以下とすることが好ましい。また、吐出口の直径は、0.2 [ $\mu\text{m}$ ] より大きいことが好ましい。以下、吐出口の直径と電界強度との関係について、図1～図6を参照しながら以下に説明する。図1～図6に対応して、吐出口の直径を  $\phi 0.2, 0.4, 1, 8, 20 [\mu\text{m}]$  及び参考として従来にて使用されている吐出口の直径が  $\phi 50 [\mu\text{m}]$  である場合の電界強度分布を示す。

ここで、各図において、ノズル中心位置とは、ノズル先端の液体吐出孔の液体吐出面の中心位置を示す。また、各々の図の（a）は、ノズルと対向電極との距離が2000 [ $\mu\text{m}$ ] に設定されたときの電界強度分布を示し、（b）は、ノズルと対向電極との距離が100 [ $\mu\text{m}$ ] に設定されたときの電界強度分布を示す。なお、印加電圧は、各条件とも200 [V] と一定にした。図中の分布線は、電荷強度が  $1 \times 10^6 [\text{V}/\text{m}]$  から  $1 \times 10^7 [\text{V}/\text{m}]$  までの範囲を示している。

図7に、各条件下での最大電界強度を示す図表を示す。

図1～図6から、吐出口の直径が  $\phi 20 [\mu\text{m}]$  （図5）以上だと電界強度分布は広い面積に広がっていることが分かった。また、図7の図表から、ノズルと対向電極の距離が電界強度に影響していることも分かった。

これらのことから、吐出口の直径が  $\phi 8 [\mu\text{m}]$  （図4）以下であると電界強度は集中すると共に、対向電極の距離の変動が電界強度分布にほとんど影響することがなくなる。従って、吐出口の直径が  $\phi 8 [\mu\text{m}]$  以下であれば、対向電極の位置精度及び基材の材料特性のバラつきや厚さのバラツキの影響を受けずに安定した吐出が可能となる。

次に、ノズルに形成された吐出口の直径とノズルの先端位置に液面があるとした時の最大電界強度との関係を図8に示す。なお、図8において、ノズル径とは、吐出口の直径を指す。

図8に示すグラフから、吐出口の直径が  $\phi 4 [\mu\text{m}]$  以下になると、電界集中が極端に大きくなり最大電界強度を高くすることができる事が分かった。これによって、液体の初期吐出速度を大きくすることができるので、液滴の飛翔安定性が増すと共に、ノズル先端部での電荷の移動速度が増すために吐出応答性が向上する。

続いて、吐出した液滴における帶電可能な最大電荷量について、以下に説明する。液滴に帶電可能な電荷量は、液滴のレイリー分裂（レイリー限界）を考慮した以下の（3）式で示される。

### 【数10】

$$q = 8 \times \pi \times (\epsilon_0 \times \gamma \times \frac{d_0^3}{8})^2 \quad (3)$$

ここで、 $q$  はレイリー限界を与える電荷量 [ $\text{C}$ ]、 $\epsilon_0$  は真空の誘電率 [ $\text{F}/\text{m}$ ]、 $\gamma$  は液体の表面張力 [ $\text{N}/\text{m}$ ]、 $d_0$  は液滴の直径 [ $\text{m}$ ] である。

上記（3）式で求められる電荷量  $q$  がレイリー限界値に近いほど、同じ電界強度でも静電力が強く、吐出の安定性が向上するが、レイリー限界値に近すぎると、逆にノズルの液体吐出孔で液体の霧散が発生してしまい、吐出安定性に欠けてしまう。

ここで、ノズルに形成された吐出口の直径とノズル先端部で吐出する液滴が飛翔を開始する吐出開始電圧、該初期吐出液滴のレイリー限界での電圧値及び吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比との関係を示すグラフを図9に示す。なお、図9において、ノズル径とは、吐出口の直径を指す。

図9に示すグラフから、吐出口の直径が $\phi 0.2$  [ $\mu\text{m}$ ] から $\phi 4$  [ $\mu\text{m}$ ] の範囲において、吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比が0.6を超えると、液滴の帶電効率が良い結果となっており、該範囲において安定した吐出が行えることが分かった。

例えば、図10に示す吐出口の直径とノズル先端部の強電界 ( $1 \times 10^6$  [V/m] 以上) の領域の関係で表されるグラフでは、吐出口の直径が $\phi 0.2$  [ $\mu\text{m}$ ] 以下になると電界集中の領域が極端に狭くなることが示されている。このことから、吐出する液滴は、加速するためのエネルギーを十分に受けることができず飛翔安定性が低下することを示す。よって、吐出口の直径は $\phi 0.2$  [ $\mu\text{m}$ ] より大きく設定することが好ましい。なお、図10において、ノズル径とは、ノズルに形成された吐出口の直径を指す。

### 【0057】

#### 〔第一の実施形態〕

以下、本発明を適用した静電吸引型液体吐出装置101について図11を用いて説明する。ここで、図11は静電吸引型液体吐出装置101の要部を示した図面である。図11において、静電吸引型液体吐出装置101に備わる液体吐出ヘッド103を破断して示し、液体吐出ヘッド103を駆動するための回路も図11に図示する。

### 【0058】

図11に示すように、この静電吸引型液体吐出装置101は、絶縁性基材102に向かって帶電可能な液体を吐出する液体吐出ヘッド103と、電圧による信号で液体吐出ヘッド103を駆動することによって液体吐出ヘッド103に吐出動作を行わせるとともに液体吐出ヘッド103を駆動することによって絶縁性基材102に帶電させるための吐出電圧印加手段兼帶電手段104と、を備える。

### 【0059】

#### (絶縁性基材)

絶縁性基材102は比抵抗の非常に高い絶縁性体(誘電体)から形成されており、面102aにおける表面比抵抗(シート抵抗)が $10^{10}$   $\Omega/\square$ 以上、更に望ましくは $10^{12}$   $\Omega/\square$ 以上である。例えば、絶縁性基材102は、シェラック、漆、フェノール樹脂、ユリア樹脂、ポリエステル、エポキシ、シリコン、ポリエチレン、ポリスチロール、軟質エンビ、硬質エンビ、酢酸セルロース、ポリエチレンテレフタレート、フッ素樹脂(テフロン(登録商標))、生ゴム、軟質ゴム、エボナイト、ブチルゴム、ネオプレーン、シリコングム、白雲母、マイカナイト、マイカレックス、石綿板、磁器、ステアタイト、アルミナ磁器、酸化チタン磁器、ソーダガラス、硼珪酸ガラス、石英ガラス等から形成されている。なお、絶縁性基材102の形状は、平板状であっても良いし、円盤状であっても良いし、シート状であっても良いし、台状であっても良い。

### 【0060】

また、絶縁性基材102は、アース、配線、電極、その他の導電性材料から離間することで絶縁されており、電気的に浮動状態となっている。従って、絶縁性基材102の面102aに電荷(正電荷、負電荷に限定されない。)が帯びたり、絶縁性基材102の面102aから電荷が放れたりするようになっている。

### 【0061】

静電吸引型液体吐出装置101をインクジェットプリンタに適用した場合、用紙、プラスチックフィルム、シート材等の記録媒体が絶縁性基材102に相当する。絶縁性基材102がシート状を呈している場合には、絶縁性基材102の液体吐出ヘッド103に向いた面の反対面に接して絶縁性基材102を支えるプラテン等の支持部材を液体吐出ヘッド103に対向するように設けると良いが、この場合には支持部材も絶縁体から形成する良い。支持部材を絶縁体から形成することによって、支持部材に接した絶縁性基材102を電気的に浮動状態とすることができる。

### 【0062】

なお、絶縁性基材102の抵抗率によるが、絶縁性基材102の面102a以外の面にアース、配線、電極、その他の導電性材料が接触していても良い。また、面102a全面ではなく一部に配線、電極等が形成されていても良い。つまり、面102aのうち液体

が着弾する部分に配線、電極、その他の導電性材料が形成されていなければ良い。

【0063】

また、この静電吸引型液体吐出装置101に、液体吐出ヘッド103による液体の吐出方向に交差する面に沿わして絶縁性基材102を移動させる基材移動機構を設けると良い。特に、基材移動機構は、液体の吐出方向に直交する面（以下、直交面という。）に沿わして絶縁性基材102を移動させる構成をしていると良いが、直交面内でも直交する二方向に絶縁性基材102を移動させることによって絶縁性基材102を直交面に沿わして移動させる構成としても良い。また、基材移動機構は直交面内でも一方向にのみ絶縁性基材102を移動させる構成をしても良いが、このような基材移動機構はインクジェットプリンタにおいて記録媒体を搬送する搬送機構として用いられる。

【0064】

また、この静電吸引型液体吐出装置101に、絶縁性基材102の面102aの表面電位分布を測定する表面電位計を設けても良い。

【0065】

（液体吐出ヘッド）

液体吐出ヘッド103は、図11において最も上層に位置するとともにベースとなる基板105と、基板105に積層されるとともに供給路109を形成した絶縁樹脂層106と、絶縁樹脂層106に積層された吐出電極107と、吐出電極107に積層されるとともにノズル110を形成したノズルプレート108と、を具備する。

【0066】

基板105は、シリコン、絶縁性の高い樹脂又はセラミックから平板状に形成されたものである。基板105上に絶縁樹脂層106が形成されているが、絶縁樹脂層106はフォトトレジスト法により形状加工されたものである。つまり、基板105上に感光性樹脂層をべた一面に成膜し、供給路109及び液室111のパターンに従ってその感光性樹脂層を露光・現像することにより供給路109及び液室111の部分を感光性樹脂層から除去すると、形状加工された絶縁樹脂層106が形成される。この液室111には、液体が供給路109を通じて図示しないピエゾ素子等からなるポンプによって供給されるようになっている。

【0067】

絶縁樹脂層106には、導電性素材（例えば、NiP）の吐出電極107が形成されており、吐出電極107の液室111に対応した部分には液室111にまで通じる流路口108aが形成されている。また、吐出電極107は、底面視した場合に液室111を囲むようなリンク状を呈している。吐出電極107は、絶縁樹脂層106上に導電層を気相成長法又はメッキ法によりべた一面に成膜し、その導電層上にフォトトレジスト法によりマスクをし、マスクをした状態で導電層にエッチングを施すことによって形状加工されたものである。

【0068】

ノズルプレート108には、絶縁性基材102に向かって突出したノズル110が一体形成されている。ノズル110の形状は、先端部に向かうにつれて径が細くなるように先端部で尖鋭に形成されており、限りなく円錐形に近い円錐台形に形成されている。ノズル110の先端には吐出口112が開口形成されており、吐出口112を末端とするとともに吐出電極107の流路口108aを介して液室111まで通じるノズル内流路113がノズル110に形成されている。ノズル内流路113は、ノズル110の先端部からノズル110の中心線に沿ってノズルプレート108を貫通している。ノズル内流路113では吐出電極107が面しており、液室111に供給された液体はノズル内流路113内にも充填され、ノズル内流路113内において吐出電極107に直接接する。

【0069】

ノズルプレート108は、フォトトレジスト法により形状加工されたものである。つまり、感光性樹脂層をべた一面に成膜し、ノズル110のパターンに従ってその感光性樹脂層を露光・現像することによりノズル110の部分で感光性樹脂層を残留させると、形状加

工されたノズルプレート108が形成される。

【0070】

これらノズル110を含めてノズルプレート108は電気絶縁性を有しており、ノズル内流路113の内面も電気絶縁性を有している。また、ノズル110を含めてノズルプレート108が撥水性を有していても良いし（例えば、ノズルプレート108がフッ素を含有した樹脂で形成されている。）、ノズル110の表層に撥水性を有する撥水膜が形成されても良い（例えば、ノズルプレート108の表面に金属膜が形成され、更にその金属膜上にその金属と撥水性樹脂との共析メッキによる撥水層が形成されている。）。ここで撥水性とは、液体に対してはじく性質である。また、液体に応じた撥水処理方法を選択することによって、ノズルプレート108の撥水性をコントロールすることができる。撥水処理方法としては、カチオン系又はアニオン系の含フッ素樹脂の電着、フッ素系高分子、シリコーン系樹脂、ポリジメチルシロキサンの塗布、焼結法、フッ素系高分子の共析メッキ法、アモルファス合金薄膜の蒸着法、モノマーとしてのヘキサメチルジシロキサンをプラズマCVD法によりプラズマ重合させることにより形成されるポリジメチルシロキサン系を中心とする有機シリコン化合物やフッ素系含有シリコン化合物等の膜を付着させる方法がある。

【0071】

ノズルプレート108及びノズル110の素材は、具体的には、エポキシ、PMMA、フェノール、ソーダガラス、石英ガラス等の絶縁材の他、Siのような半導体、Ni、SiUS等のような導体であっても良い。但し、導体によりノズルプレート108及びノズル110を形成した場合には、少なくともノズル110の先端部における先端部端面、より望ましくは先端部における周面については、絶縁材による被膜を設けることが望ましい。

【0072】

ノズル110についてさらに詳説する。ノズル110の内部直径において、ノズル110の先端部における吐出口112の直径とノズル内流路113の直径とが均一であって、前述の通りこれらが超微小径で形成されている。具体的な各部の寸法の一例を挙げると、吐出口112の直径は、30 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに25 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに20 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに10 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに8 [ $\mu\text{m}$ ] 以下、さらに4 [ $\mu\text{m}$ ] 以下が好ましい。また、吐出口112の直径は、0.2 [ $\mu\text{m}$ ] より大きいことが望ましい。本実施形態では吐出口112の直径を1 [ $\mu\text{m}$ ] とし、超微小化による電界集中を図っている。そして、ノズル110の先端部における外部直径は2 [ $\mu\text{m}$ ] に設定し、ノズル110の先端部における肉厚をノズル内流路113の内部直径よりも小さい0.5 [ $\mu\text{m}$ ] に設定し、吐出口112に形成される液体のメニスカスの外形の微小化を図っている。また、ノズル110の根元における外部直径は5 [ $\mu\text{m}$ ] とし、ノズルの周面にテーパを形成している。

【0073】

更に、ノズル110の高さ（突出高さ）は100 [ $\mu\text{m}$ ] に設定されているが、ノズル110の突出高さが0 [ $\mu\text{m}$ ] であっても良い。つまり、突出したノズル110が形成されておらず、平坦なノズルプレート108の下面に吐出口112が単に形成されて吐出口112から液室111間で通じるノズル内流路113が形成されているだけでも良い。

【0074】

なお、ノズル内流路113の形状は、図11に示すような、内径一定の直線状に形成しなくとも良い。例えば、図12（A）に示すように、ノズル内流路113の液室111側の端部における断面形状が丸みを帯びて形成されていても良い。また、図12（B）に示すように、ノズル内流路113の液室111側の端部における内径が吐出側端部における内径と比して大きく設定され、ノズル内流路113の内面がテーパ周面形状に形成されていても良い。さらに、図12（C）に示すように、ノズル内流路113の後述する液室111側の端部のみがテーパ周面形状に形成されると共に当該テーパ周面よりも吐出端部側は内径一定の直線状に形成されていても良い。

【0075】

図11では、液体吐出ヘッド103に一つのノズル110が設けられているが、ノズル110が複数設けられていても良い。ノズル110が複数設けられている場合、吐出電極107、供給路109及び液室111がノズル110ごとに独立して形成されている。

### 【0076】

また、この静電吸引型液体吐出装置101に、液体吐出ヘッド103による液体の吐出方向に交差する面に沿わして液体吐出ヘッド103を移動させるヘッド移動機構を設けると良い。特に、ヘッド移動機構は、液体の吐出方向に直交する面（以下、直交面という。）に沿わして液体吐出ヘッド103を移動させる構成をしていると良いが、直交面内でも直交する二方向に液体吐出ヘッド103を移動させることによって液体吐出ヘッド103を直交面に沿わして移動させる構成をしても良い。また、基材移動機構が直交面内でも一方向にのみ絶縁性基材102を移動させる構成をした場合、ヘッド移動機構は絶縁性基材102の移動方向に直交する方向に液体吐出ヘッド103を往復移動させる構成をしている。

### 【0077】

#### （吐出電圧印加手段兼帯電手段）

吐出電圧印加手段兼帯電手段104は、接地を基準とした定常電圧（定常電圧は正であっても良いし、負であっても良い。定常電圧の値を $V_s$  [V]と表す。）吐出電極107に印加する定常電圧印加部104aから構成されている。定常電圧 $V_s$ は、絶縁性基材102の液体吐出ヘッド103側の面102aの表面電位（接地を基準とする。）により設定されている。即ち、絶縁性基材102の面102a内の表面電位分布を計測し、接地を基準とした面102aの表面電位の最大値を $V_{max}$  [V]とし、表面電位の最小値を $V_{min}$  [V] ( $V_{min} < V_{max}$ ) とし、最大値 $V_{max}$ と最小値 $V_{min}$ との電位差を $V_{max-min}$  [V] とし、最大値 $V_{max}$ と最小値 $V_{min}$ の中間値を $V_{mid}$  [V] とした場合、定常電圧印加部104aは次式（A）を満たす定常電圧 $V_s$ を吐出電極107に印加する。

#### 【数11】

$$V_s \leq V_{mid} - V_{|max-min|}, V_{mid} + V_{|max-min|} \leq V_s \quad (A)$$

### 【0078】

ここで、電位差 $V_{max-min}$ を最大値 $V_{max}$ 及び最小値 $V_{min}$ で表すと式（B）のようになり、中間値 $V_{mid}$ を最大値 $V_{max}$ と最小値 $V_{min}$ で表すと式（C）を満たす。

#### 【数12】

$$V_{|max-min|} = |V_{max} - V_{min}| \quad (B)$$

#### 【数13】

$$V_{mid} = \frac{V_{max} + V_{min}}{2} \quad (C)$$

### 【0079】

絶縁性基材102の表面電位は、定常電圧印加部104aによって定常電圧 $V_s$ が吐出電極107に印加される前に表面電位計によって測定したものである。ここで、定常電圧印加部104aにより印加される定常電圧の波形を図13に示す。図13において、横軸は吐出電極107に印加される電圧を表し、縦軸は吐出電極107に電圧が印加され始めてからの時間を表す。定常電圧印加部104aによって図13に示すような定常電圧 $V_s$ が印加されると、電界が生じ、絶縁性基材102の面102aが帯電されるようになっている。なお、図11において定常電圧印加部104aの正負の向きは逆であっても良い。

## 【0080】

(液体)

液体吐出ヘッド103に供給されて液体吐出ヘッド103のノズル110から吐出される液体について説明する。液体は、単一液体であっても良いし、混合液であっても良いし、分散媒に粒子が分散してなる分散液であっても良いし、溶媒に溶質が溶けてなる溶液であっても良い。

## 【0081】

液体の例を挙げると、無機液体としては、水、COCl<sub>2</sub>、HBr、HNO<sub>3</sub>、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、SOCl<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、FSO<sub>3</sub>Hなどが挙げられる。有機液体としては、メタノール、n-プロパノール、イソプロパノール、n-ブタノール、2-メチル-1-ブロパノール、tert-ブタノール、4-メチル-2-ペントノール、ベンジルアルコール、 $\alpha$ -テルピネオール、エチレングリコール、グリセリン、ジエチレングリコール、トリエチレングリコールなどのアルコール類；フェノール、o-クレゾール、m-クレゾール、p-クレゾール、などのフェノール類；ジオキサン、フルフラール、エチレングリコールジメチルエーテル、メチルセロソルブ、エチルセロソルブ、ブチルセロソルブ、エチルカルビトール、ブチルカルビトール、ブチルカルビトールアセテート、エピクロロヒドリンなどのエーテル類；アセトン、メチルエチルケトン、2-メチル-4-ペントノン、アセトフェノンなどのケトン類；ギ酸、酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸などの脂肪酸類；ギ酸メチル、ギ酸エチル、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸-n-ブチル、酢酸イソブチル、酢酸-3-メトキシブチル、酢酸-n-ペニチル、プロピオン酸エチル、乳酸エチル、安息香酸メチル、マロン酸ジエチル、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチル、炭酸ジエチル、炭酸エチレン、炭酸プロピレン、セロソルブアセテート、ブチルカルビトールアセテート、アセト酢酸エチル、シアノ酢酸メチル、シアノ酢酸エチルなどのエステル類；ニトロメタン、ニトロベンゼン、アセトニトリル、プロピオニトリル、スクシノニトリル、バレロニトリル、ベンゾニトリル、エチルアミン、ジエチルアミン、エチレンジアミン、アニリン、N-メチルアニリン、N, N-ジメチルアニリン、o-トルイジン、p-トルイジン、ピペリジン、ピリジン、 $\alpha$ -ピコリン、2, 6-ルチジン、キノリン、プロピレンジアミン、ホルムアミド、N-メチルホルムアミド、N, N-ジメチルホルムアミド、N, N-ジエチルホルムアミド、アセトアミド、N-メチルアセトアミド、N-メチルプロピオニアミド、N, N, N', N'-テトラメチル尿素、N-メチルピロリドンなどの含窒素化合物類；ジメチルスルホキシド、スルホランなどの含硫黄化合物類；ベンゼン、p-シメン、ナフタレン、シクロヘキシルベンゼン、シクロヘキセンなどの炭化水素類；1, 1-ジクロロエタン、1, 2-ジクロロエタン、1, 1, 1-トリクロロエタン、1, 1, 1, 2-テトラクロロエタン、1, 1, 2, 2-テトラクロロエタン、ペンタクロロエタン、1, 2-ジクロロエチレン(cis-)、テトラクロロエチレン、2-クロロブタン、1-クロロ-2-メチルプロパン、2-クロロ-2-メチルプロパン、ブロモメタン、トリブロモメタン、1-ブロモプロパンなどのハロゲン化炭化水素類、などが挙げられる。また、上記各液体を二種以上混合して用いても良い。

## 【0082】

さらに、高電気伝導率の物質（銀粉等）が多く含まれるような導電性ペーストを液体として使用し、吐出を行う場合には、上述した液体に溶解又は分散させる目的物質としては、ノズルで目詰まりを発生するような粗大粒子を除けば、特に制限されない。PDP、CRT、FEDなどの蛍光体としては、従来より知られているものを特に制限なく用いることができる。例えば、赤色蛍光体として、(Y, Gd)BO<sub>3</sub>:Eu、YO<sub>3</sub>:Euなど、緑色蛍光体として、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn、BaAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub>:Mn、(Ba, Sr, Mg)O· $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Mnなど、青色蛍光体として、BaMgAl<sub>14</sub>O<sub>23</sub>:Eu、BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Euなどが挙げられる。上記の目的物質を記録媒体上に強固に接着させるために、各種バインダーを添加するのが好ましい。用いられるバインダーとしては、例えば、エチルセルロース、メチルセルロース、ニトロセルロース、酢酸セルロース、ヒドロキシエチルセルロース等のセルロースおよびその誘導体；アルキッド樹脂；ポリメタクリタ

クリル酸、ポリメチルメタクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート・メタクリル酸共重合体、ラウリルメタクリレート・2-ヒドロキシエチルメタクリレート共重合体などの(メタ)アクリル樹脂およびその金属塩；ポリN-イソプロピルアクリルアミド、ポリN、N-ジメチルアクリルアミドなどのポリ(メタ)アクリルアミド樹脂；ポリスチレン、アクリロニトリル・スチレン共重合体、スチレン・マレイン酸共重合体、スチレン・イソブレン共重合体などのスチレン系樹脂；スチレン・n-ブチルメタクリレート共重合体などのスチレン・アクリル樹脂；飽和、不飽和の各種ポリエステル樹脂；ポリプロピレン等のポリオレフィン系樹脂；ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン等のハロゲン化ポリマー；ポリ酢酸ビニル、塩化ビニル・酢酸ビニル共重合体等のビニル系樹脂；ポリカーボネート樹脂；エポキシ系樹脂；ポリウレタン系樹脂；ポリビニルホルマール、ポリビニルブチラール、ポリビニルアセタール等のポリアセタール樹脂；エチレン・酢酸ビニル共重合体、エチレン・エチルアクリレート共重合樹脂などのポリエチレン系樹脂；ベンゾグアナミン等のアミド樹脂；尿素樹脂；メラミン樹脂；ポリビニルアルコール樹脂及びそのアニオンカチオン変性；ポリビニルピロリドンおよびその共重合体；ポリエチレンオキサイド、カルボキシル化ポリエチレンオキサイド等のアルキレンオキシド単独重合体、共重合体及び架橋体；ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコールなどのポリアルキレングリコール；ポリエーテルポリオール；SBR、NBRラテックス；デキストリン；アルギン酸ナトリウム；ゼラチン及びその誘導体、カゼイン、トロロアオイ、トラガントガム、プルラン、アラビアガム、ローカストビーンガム、グアガム、ペクチン、カラギニン、にかわ、アルブミン、各種澱粉類、コーンスターチ、こんにゃく、ふのり、寒天、大豆蛋白等の天然或いは半合成樹脂；テルペン樹脂；ケトン樹脂；ロジン及びロジンエステル；ポリビニルメチルエーテル、ポリエチレンイミン、ポリスチレンスルフォン酸、ポリビニルスルфон酸などを用いることができる。これらの樹脂は、ホモポリマーとしてだけでなく、相溶する範囲でブレンドして用いても良い。

#### 【0083】

本実施形態の液体吐出装置をパターンニング方法として使用する場合には、代表的なものとしてはディスプレイ用途に使用することができる。具体的には、プラズマディスプレイの蛍光体の形成、プラズマディスプレイのリブの形成、プラズマディスプレイの電極の形成、CRTの蛍光体の形成、FED(フィールドエミッഷン型ディスプレイ)の蛍光体の形成、FEDのリブの形成、液晶ディスプレイ用カラーフィルター(RGB着色層、ブラックマトリクス層)、液晶ディスプレイ用スペーサー(ブラックマトリクスに対応したパターン、ドットパターン等)などが挙げることができる。ここでいうリブとは一般的に障壁を意味し、プラズマディスプレイを例に取ると各色のプラズマ領域を分離するために用いられる。その他の用途としては、マイクロレンズ、半導体用途として磁性体、強誘電体、導電性ペースト(配線、アンテナ)などのパターンニング塗布、グラフィック用途としては、通常印刷、特殊媒体(フィルム、布、鋼板など)への印刷、曲面印刷、各種印刷版の刷版、加工用途としては粘着材、封止材などの本実施形態を用いた塗布、バイオ、医療用途としては医薬品(微量の成分を複数混合するよう)、遺伝子診断用試料等の塗布等に応用することができる。

#### 【0084】

(静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法及び静電吸引型液体吐出装置の動作)

吐出電圧印加手段兼帶電手段104の定常電圧印加部104aにより定常電圧を印加する前に絶縁性基材102の面102a内の表面電位分布を表面電位計で測定し、表面電位分布から表面電位の最大値V<sub>max</sub>及び最小値V<sub>min</sub>を求める。最大値V<sub>max</sub>及び最小値V<sub>min</sub>から式(A), (B), (C)より定常電圧V<sub>s</sub>を求める。

#### 【0085】

基材移動機構によって絶縁性基材102を移動させつつ、ヘッド移動機構によって液体吐出ヘッド103を移動させる。なお、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103の両方を移動させても良いし、どちらか一方を移動させるだけでも良い。絶縁性基材102及び液体吐出ヘッド103の移動を開始するのとほぼ同時に、定常電圧印加部104aにより

印加する電圧を定常電圧  $V_s$  に設定して定常電圧  $V_s$  を吐出電極 107 に印加する。吐出電極 107 に定常電圧  $V_s$  が印加されるとノズル 110 の先端と絶縁性基材 102 との間に電界が生じ、ノズル 110 の先端に形成された吐出口 112 から絶縁性基材 102 に向けて液体が吐出される。図 13 に示すように、接地を基準とした吐出電極 107 の電圧を時間の関数  $V(T)$  で表すと、電圧  $V(T)$  は一定の定常電圧  $V_s$  となっており、電圧  $V(T)$  は式 (A) の  $V_s$  を常に満たしている。図 13 (a) のグラフの実線で示した波形のような定常電圧  $V_s$  が吐出電極 107 に印加され続けるが、定常電圧印加部 104a による電圧印加を解除するまで液体が連続的に吐出され続ける。液体を連続的に吐出しつつ絶縁性基材 102 及び液体吐出ヘッド 103 のうちの少なくとも一方を移動させているので（絶縁性基材 102 に対して液体吐出ヘッド 103 を相対的に走査させているので）、絶縁性基材 102 の面 102a には液体による線がパターンニングされる。なお、図 13 (a) のグラフの実線で示した波形の代わりに、図 13 (b) のグラフの実線で示した波形の定常電圧  $V_s$  が定常電圧印加部 104a により吐出電極 107 に印加されても良い。

#### 【0086】

また、絶縁性基材 102 の面 102a 内の或る点上をノズル 110 が通過する時に、その点には吐出電極 107 から生じた電界によって帶電し、その点の表面電位が変化する。測定時において絶縁性基材 102 の面 102a の表面電位が位置によってばらついていても、吐出電極 107 に印加される定常電圧  $V_s$  が式 (A) を満たしているので、面 102a 内のどの点でも一定の表面電位に変化し、面 102a 内の表面電位分布が一様になる。そのため、液体の吐出量が一定にすることもとに、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができる。

#### 【0087】

なお、絶縁性基材 102 の面 102a の表面電位分布を計測しなくとも良いが、この場合には絶縁性基材 102 の面 102a の予測し得る最大表面電位よりも十分に大きな定常電圧を吐出電極 107 に印加するか、又は予測し得る最小表面電位よりも十分に小さな定常電圧を吐出電極 107 に印加すれば良い。

#### 【0088】

##### 〔第二の実施形態〕

次に、本発明の第二実施形態である静電吸引型液体吐出装置 201 について図 14 を用いて説明する。

##### （相違点）

図 14 に示すように、この静電吸引型液体吐出装置 201 も、第一実施形態の静電吸引型液体吐出装置 101 と同様に、液体吐出ヘッド 103 と、吐出電圧印加手段兼帶電手段 204 とを具備する。液体吐出ヘッド 103 の構成は第一実施形態の場合と同じであるが、吐出電圧印加手段兼帶電手段 204 の構成は第一実施形態の場合と異なる。第一実施形態の場合では吐出電圧印加手段兼帶電手段 104 が定常電圧を印加するものであるに対し、第二実施形態の場合では吐出電圧印加手段兼帶電手段 204 がパルス電圧を印加するものである。

#### 【0089】

この吐出電圧印加手段兼帶電手段 204 は、接地を基準とした一定のバイアス電圧  $V_1$  [V] (バイアス電圧  $V_1$  は正であっても良いし、負であっても良いし、ゼロであっても良い。) を吐出電極 107 に常時印加する定常電圧印加部 204a と、液体の吐出を行う時にのみパルス電圧  $V_2$  (パルス電圧  $V_2$  は正であっても良いし、負であっても良い。) をバイアス電圧  $V_1$  に重畠して吐出電極 107 に印加するパルス電圧印加部 204b と、から構成されている。従って、接地を基準とした吐出電極 107 の電圧を時間の関数  $V(T)$  で表すと、パルス電圧印加部 204b がオフ状態の場合には電圧  $V(T)$  はバイアス電圧  $V_1$  で一定となっており、パルス電圧印加部 204b がオン状態の場合には電圧  $V(T)$  は (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) で一定となっている。

#### 【0090】

ここで、バイアス電圧  $V_1$  と (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) のうちの少なくとも

一方が式 (A) の電圧  $V_s$  [V] を満たすように設定されている。

【0091】

具体的には、バイアス電圧  $V_1$  を最小値  $V_{min}$  を越え最大値  $V_{max}$  未満に設定すると、吐出電極 107 の電圧  $V$  (T) の波形が図 15 (a) のグラフの実線又は図 15 (b) のグラフの実線のようになる。図 15 のグラフにおいて縦軸は電圧を示し、横軸は時間を示す。図 15 (a) のグラフの波形ではパルス電圧  $V_2$  を正に設定した場合であり、図 15 (b) のグラフの波形ではパルス電圧  $V_2$  を負に設定した場合である。この場合、バイアス電圧  $V_1$  が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たしていないので、(バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たすようにパルス電圧  $V_2$  を設定する必要がある。

【0092】

図 15 (a) のグラフにおいて、電圧  $V$  (T) の最大値が (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) となっており、最小値が  $V_1$  となっているが、(バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$  - 中間値  $V_{mid}$ ) が (バイアス電圧  $V_1$  - 中間値  $V_{mid}$ ) よりも大きい。図 15 (b) のグラフにおいて電圧  $V$  (T) の最大値がバイアス電圧  $V_1$  であって中間値  $V_{mid}$  よりも高く、電圧  $V$  (T) の最小値が (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) であって中間値  $V_{mid}$  よりも低くなっている。また、図 15 (b) のグラフにおいて、(中間値  $V_{mid}$  - バイアス電圧  $V_1$  - パルス電圧  $V_2$ ) が (バイアス電圧  $V_1$  - 中間値  $V_{mid}$ ) よりも大きい。

【0093】

バイアス電圧  $V_1$  を最大値  $V_{max}$  以上に設定するとともにパルス電圧  $V_2$  を正に設定した場合には、電圧  $V$  (T) の波形は図 16 (a) のグラフの実線のようになる。また、バイアス電圧  $V_1$  を最小値  $V_{min}$  以下に設定するとともにパルス電圧  $V_2$  を負に設定した場合には、電圧  $V$  (T) の波形は図 16 (b) のグラフの実線のようになる。ここで、図 16 のグラフにおいて縦軸は電圧を示し、横軸は時間を示す。図 16 において、バイアス電圧  $V_1$  が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たしていれば、パルス電圧  $V_2$  はどのような値でも良いが、バイアス電圧  $V_1$  が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たしていないと、(バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たすようにパルス電圧  $V_2$  を設定する必要がある。

【0094】

図 16 (a) のグラフにおいて、電圧  $V$  (T) の最大値が (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) となっており、最小値が  $V_1$  となっているが、(バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$  - 中間値  $V_{mid}$ ) が (バイアス電圧  $V_1$  - 中間値  $V_{mid}$ ) よりも大きい。図 16 (b) のグラフにおいて、電圧  $V$  (T) の最大値がバイアス電圧  $V_1$  となっており、(バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) となっているが、(中間値  $V_{mid}$  - バイアス電圧  $V_1$  - パルス電圧  $V_2$ ) が (中間値  $V_{mid}$  - バイアス電圧  $V_1$ ) よりも大きい。

【0095】

バイアス電圧  $V_1$  を最大値  $V_{max}$  以上に設定するとともにパルス電圧  $V_2$  を負に設定した場合には、電圧  $V$  (T) の波形は図 17 (a) のグラフの実線のようになる。また、バイアス電圧  $V_1$  を最小値  $V_{min}$  以下に設定するとともにパルス電圧  $V_2$  を正に設定した場合には、電圧  $V$  (T) の波形は図 17 (b) のグラフの実線のようになる。ここで、図 17 のグラフにおいて縦軸は電圧を示し、横軸は時間を示す。図 17 において、バイアス電圧  $V_1$  が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たしていれば、パルス電圧  $V_2$  はどのような値でも良いが、バイアス電圧  $V_1$  が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たしていないと、(バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たすようにパルス電圧  $V_2$  を設定する必要がある。

【0096】

図 17 (a) のグラフにおいて、電圧  $V$  (T) の最大値がバイアス電圧  $V_1$  であって中間値  $V_{mid}$  よりも高く、電圧  $V$  (T) の最小値が (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) であって中間値  $V_{mid}$  よりも低くなっている。また、図 17 (a) のグラフにおいて、(バイアス電圧  $V_1$  - 中間値  $V_{mid}$ ) と (中間値  $V_{mid}$  - バイアス電圧  $V_1$  - パルス電圧  $V_2$ ) のうちどちらか一方が、他方よりも大きい。一方、図 17 (b) のグラフにおいて、電圧  $V$  (T) の最大値が (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) であって中間値  $V_{mid}$  よりも高く、電圧  $V$  (T) の最小値がバイアス電圧  $V_1$  であって中間値  $V_{mid}$  よりも低くなっている。

また、図17 (b) のグラフにおいて、(バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$  - 中間値  $V_{mid}$ ) と (中間値  $V_{mid}$  - バイアス電圧  $V_1$ ) のうちどちらか一方が、他方よりも大きい。

### 【0097】

(静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法及び静電吸引型液体吐出装置の動作)

吐出電圧印加手段兼帯電手段204の定常電圧印加部204a及びパルス電圧印加部204bにより電圧を印加する前に絶縁性基材102の面102a内の表面電位分布を表面電位計で測定し、表面電位分布から表面電位の最大値  $V_{max}$  及び最小値  $V_{min}$  を求める。最大値  $V_{max}$  及び最小値  $V_{min}$  により式 (A)、(B)、(C) から、バイアス電圧  $V_1$  と (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) のうちの少なくとも一方が式 (A) の電圧  $V_s$  を満たすようなバイアス電圧  $V_1$  とパルス電圧  $V_2$  を求める。

### 【0098】

基材移動機構によって絶縁性基材102を移動させつつ、ヘッド移動機構によって液体吐出ヘッド103を移動させる。なお、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103の両方を移動させても良いし、どちらか一方を移動させるだけでも良い。絶縁性基材102及び液体吐出ヘッド103の移動を開始するのとほぼ同時に、定常電圧印加部204aにより印加する定常電圧をバイアス電圧  $V_1$  に設定してバイアス電圧  $V_1$  を吐出電極107に印加する。そして、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103のうちの少なくとも一方を移動させている時に、所定のタイミングでパルス電圧印加部204bによってパルス電圧  $V_2$  をバイアス電圧  $V_1$  に重畠して吐出電極107に印加する。吐出電極107に (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) が印加されると、ノズル110の先端に形成された吐出口112から絶縁性基材102に向けて液体が液滴として吐出され、絶縁性基材102に着弾した液滴がドットとして形成される。このようにパルス電圧  $V_2$  を印加することを繰り返しつつ絶縁性基材102及び液体吐出ヘッド103のうちの少なくとも一方を移動させていくので、絶縁性基材102の面102aにはドットからなるパターンが形成される。

### 【0099】

また、絶縁性基材102の面102a内の或る点上をノズル110が通過する時に、その点には吐出電極107から生じた電界によって帶電し、その点の表面電位が変化する。測定時において絶縁性基材102の面102aの表面電位が位置によってばらついていても、バイアス電圧  $V_1$  と (バイアス電圧  $V_1$  + パルス電圧  $V_2$ ) のうちの少なくとも一方が式 (A) を満たしているので、面102a内のどの点でも一定の表面電位に変化し、面102a内の表面電位分布が一様になる。そのため、液体の吐出量が一定にできるとともに、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができる。

### 【0100】

#### 〔第三の実施形態〕

次に、本発明の第三の実施形態である静電吸引型液体吐出装置301について図18を用いて説明する。

#### (相違点)

図18に示すように、この静電吸引型液体吐出装置301も、第一実施形態の静電吸引型液体吐出装置101と同様に液体吐出ヘッド103を具備し、この液体吐出ヘッド103の構成は第一実施形態の場合と同様である。更に、この静電吸引型液体吐出装置301は、液体の吐出を行う時にのみに接地を基準としたパルス波である吐出電圧を吐出電極107に印加する吐出電圧印加手段304と、液体の吐出を行う前に0[V]を中心とした交流電圧を吐出電極107に印加することによって絶縁性基材102の面102aを除電する除電手段である交流電圧印加手段305と、を更に具備する。

### 【0101】

吐出電圧印加手段304により印加される吐出電圧は液体吐出ヘッド103のノズル110から液体が吐出される程の電圧であり、理論上は、次式 (1) により求められる。このような吐出電圧による電界がノズル110と絶縁性基材102との間に生じ、ノズル110の吐出口112から液体が吐出されるようになっている。

## 【数14】

$$h \sqrt{\frac{\gamma\pi}{\epsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma kd}{2\epsilon_0}} \quad (1)$$

ただし、 $\gamma$ ：液体の表面張力 [N/m] 、  $\epsilon_0$ ：真空の誘電率 [F/m] 、  $d$ ：ノズルの内部直径（吐出口の直径） [m] 、  $h$ ：ノズル-基材間距離 [m] 、  $k$ ：ノズル形状に依存する比例定数 (1.5 <  $k$  < 8.5) とする。

## 【0102】

(静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法及び静電吸引型液体吐出装置の動作)

まず、ノズル110に液体を供給しない状態で、吐出電圧印加手段304を作動させず、交流電圧印加手段305を作動させる。次に、交流電圧印加手段305を作動させた状態で、基材移動機構によって絶縁性基材102を移動させつつ、ヘッド移動機構によって液体吐出ヘッド103を移動させる。なお、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103の両方を移動させても良いし、どちらか一方を移動させるだけでも良い。

## 【0103】

吐出電極107に交流電圧が印加されることによって、絶縁性基材102の面102aはノズル110と対峙した部分で除電される。絶縁性基材102及び液体吐出ヘッド103のうちの少なくとも一方を移動させているので、絶縁性基材102の面102a全体が除電され、面102a内の表面電位分布が一様になる。

## 【0104】

次に、交流電圧印加手段305を停止させ、ヘッド移動機構及び基材移動機構も停止させる。次に、液室111及びノズル内流路113内に液体を供給する。そして、再び基材移動機構によって絶縁性基材102を移動させつつ、ヘッド移動機構によって液体吐出ヘッド103を移動させる。なお、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103の両方を移動させても良いし、どちらか一方を移動させるだけでも良い。そして、吐出電圧印加手段304を作動させ、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103のうちの少なくとも一方を移動させている時に、所定のタイミングで吐出電圧印加手段304によって吐出電圧を吐出電極107に印加する。吐出電極107に吐出電圧が印加されると、ノズル110の先端に形成された吐出口112から絶縁性基材102に向けて液体が液滴として吐出され、絶縁性基材102に着弾した液滴がドットとして形成される。このように吐出電圧を印加することを繰り返しつつ絶縁性基材102及び液体吐出ヘッド103のうちの少なくとも一方を移動させているので、絶縁性基材102の面102aにはドットからなるパターンが形成される。ここで、絶縁性基材102の面102aを除電し、面102a内の表面電位分布が一様になっているので、液体の吐出量が一定にできるとともに、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができる。

## 【0105】

なお、上述の説明では交流電圧印加手段305によって交流電圧を印加する対象が吐出電極107であり、吐出電極107が除電用電極を兼ねていた。しかし、ノズル110のすぐ近傍に別の除電用電極（この別の電極は針状を呈しているのが望ましい。）を設け、その除電用電極を交流電圧の対象としても良い。

また、吐出電圧印加手段304は所定のタイミングでパルス波である吐出電圧を印加するものとしたが、常時一定の吐出電圧（つまり、定常電圧）を吐出電極107に印加するものであっても良い。この場合には、吐出電圧が吐出電極107に印加され続ける限り、ノズル110から液体が吐出され続ける。

## 【0106】

【第四の実施形態】

次に、本発明の第四の実施形態である静電吸引型液体吐出装置401について図19を用いて説明する。

## (相違点)

図19に示すように、この静電吸引型液体吐出装置401も、第三実施形態の静電吸引型液体吐出装置301と同様に、液体吐出ヘッド103と、吐出電圧印加手段304とを具備する。

## 【0107】

また、この静電吸引型液体吐出装置401は、交流電圧印加手段305の代わりに、絶縁性基材102の面102aに対向配置されるとともに絶縁性基材102の面102aを除電する除電器405を更に具備する。除電器405は、液体吐出ヘッド103と一体的に移動するように設けられていても良いし、液体吐出ヘッド103とは別に、液体吐出ヘッド103による液体の吐出方向に交差する面に沿わして移動するように設けられていても良いし、移動せずに固定されていても良い。除電器405は、電界集中による空気の局所的絶縁破壊作用を利用して除電するコロナ放電方式の除電器であっても良いし、軟X線（微弱X線）の光子の非弾性散乱による光電子放出作用を利用して除電する軟X線照射方式の除電器であっても良いし、紫外線の光子吸収による電子放出作用を利用して除電する紫外線照射方式の除電器であっても良いし、放射線同位元素からの $\alpha$ 線による電離作用を利用して除電する放射線照射方式の除電器であっても良い。除電器405がコロナ放電方式の除電器である場合、自己放電方式の除電器でも良いし、電圧を印加することによりコロナ放電を起こす電圧印加方式の除電器でも良い。また、除電器405は、除電作用に伴い気流を発生させない無風方式であると良い。ここで、コロナ放電式の除電器は、商用周波数交流型のコロナ放電式除電器ではなく、商用周波数より遙かに高い周波数（約30kHz以上）で高電圧を放電針に印加し、コロナ放電を発生させることによってプラスイオン、マイナスイオンをバランスよく多量に発生させる高周波コロナ放電式の除電器が好ましい。また、圧力空気でイオン風を絶縁性基材102に向けて飛ばすではなく、電極を絶縁性基材102に近づけることにより、イオン霧囲気を絶縁性基材102に与えることが良い。

## 【0108】

（静電吸引型液体吐出装置を用いた液体吐出方法及び静電吸引型液体吐出装置の動作）

まず、ノズル110に液体を供給しない状態で、吐出電圧印加手段304を作動させずに、除電器405によって絶縁性基材102の面102a全体を除電する。これにより、絶縁性基材102の面102a内の表面電位分布が一様になる。

## 【0109】

次に、液室111及びノズル内流路113内に液体を供給する。そして、基材移動機構によって絶縁性基材102を移動させつつ、ヘッド移動機構によって液体吐出ヘッド103を移動させる。なお、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103の両方を移動させても良いし、どちらか一方を移動させるだけでも良い。そして、吐出電圧印加手段304を作動させ、絶縁性基材102と液体吐出ヘッド103のうちの少なくとも一方を移動させている時に、所定のタイミングで吐出電圧印加手段304によって吐出電圧を吐出電極107に印加する。吐出電極107に吐出電圧が印加されるとノズル110と絶縁性基材102との間に電界が生じ、ノズル110の先端に形成された吐出口112から絶縁性基材102に向けて液体が液滴として吐出され、絶縁性基材102に着弾した液滴がドットとして形成される。このように吐出電圧を印加することを繰り返しつつ絶縁性基材102及び液体吐出ヘッド103のうちの少なくとも一方を移動させているので、絶縁性基材102の面102aにはドットからなるパターンが形成される。ここで、絶縁性基材102の面102aを除電し、面102a内の表面電位分布が一様になっているので、液体の吐出量が一定にすることができるとともに、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができる。

## 【0110】

なお、吐出電圧印加手段304は所定のタイミングでパルス波である吐出電圧を印加するものとしたが、常時一定の吐出電圧（つまり、定常電圧）を吐出電極107に印加するものであっても良い。この場合には、吐出電圧が吐出電極107に印加され続ける限り、

ノズル110から液体が吐出され続ける。

【0111】

〔静電吸引型液体吐出装置の理論説明〕

従前は以下の条件式により定まる範囲を超えて液滴の吐出は不可能と考えられていた。

【数15】

$$d < \frac{\lambda_c}{2} \quad (4)$$

ここで、 $\lambda_c$ は静電吸引力によりノズル先端部からの液滴の吐出を可能とするための液体液面における成長波長 [m] であり、 $\lambda_c = 2\pi\gamma h^2 / \epsilon_0 V^2$  で求められる。

【数16】

$$d < \frac{\pi\gamma h^2}{\epsilon_0 V^2} \quad (5)$$

【数17】

$$V < h \sqrt{\frac{\pi\gamma}{\epsilon_0 d}} \quad (6)$$

本発明では、静電吸引型インクジェット方式において果たすノズルの役割を再考察し、従来吐出不可能として試みられていなかった領域において、マクスウェル力などを利用することで、微小液滴を形成することができる。

このような駆動電圧低下および微少量吐出実現の方策のための吐出条件等を近似的に表す式を導出したので以下に述べる。

以下の説明は、上記各本発明の実施形態で説明した静電吸引型液体吐出装置に適用可能である。

いま、内部  $d$  のノズルに導電性液体を注入し、基材としての無限平板導体から  $h$  の高さに垂直に位置させたと仮定する。この様子を図20に示す。このとき、ノズル先端部に誘起される電荷は、ノズル先端の半球部に集中すると仮定し、以下の式で近似的に表される。

【数18】

$$Q = 2\pi\epsilon_0\alpha Vd \quad (7)$$

ここで、 $Q$ ：ノズル先端部に誘起される電荷 [C] 、 $\epsilon_0$ ：真空の誘電率 [F/m] 、 $\epsilon$ ：基材の誘電率 [F/m] 、 $h$ ：ノズル-基材間距離 [m] 、 $r$ ：ノズル内部の半径（吐出口の半径） [m] 、 $V$ ：ノズルに印加する総電圧 [V] である。 $\alpha$ ：ノズル形状などに依存する比例定数で、1~1.5程度の値を取り、特に  $d \ll h$  のときほぼ1程度となる。

【0112】

また、基材としての基板が導体基板の場合、基板内の対称位置に反対の符号を持つ鏡像電荷  $Q'$  が誘導されると考えられる。基板が絶縁体の場合は、誘電率によって定まる対称位置に同様に反対符号の映像電荷  $Q'$  が誘導される。

ところで、ノズル先端部に於ける凸状メニスカスの先端部の電界強度  $E_{loc}$  [V/m] は、凸状メニスカス先端部の曲率半径を  $R$  [m] と仮定すると、

## 【数19】

$$E_{loc} = \frac{V}{kR} \quad (8)$$

で与えられる。ここで  $k$  : ノズル形状に依存する比例定数であり、ノズル形状などにより異なるが、1.5~8.5程度の値をとり、多くの場合5程度と考えられる。(P. J. Birdseye and D.A. Smith, Surface Science, 23 (1970) 198-210)。

今簡単のため、 $d/2 = R$  とする。これは、ノズル先端部に表面張力で導電性液体がノズルの半径と同じ半径を持つ半球形状に盛り上がっている状態に相当する。

ノズル先端の液体に働く圧力のバランスを考える。まず、静電的な圧力は、ノズル先端部の液面積を  $S$  [ $m^2$ ] とすると、

## 【数20】

$$P_e = \frac{Q}{S} E_{loc} \approx \frac{Q}{\pi d^2/2} E_{loc} \quad (9)$$

(7)、(8)、(9) 式より  $\alpha = 1$  とおいて、

## 【数21】

$$P_e = \frac{2\epsilon_0 V}{d/2} \cdot \frac{V}{k \cdot d/2} = \frac{8\epsilon_0 V^2}{k \cdot d^2} \quad (10)$$

と表される。

## 【0113】

一方、ノズル先端部に於ける液体の表面張力を  $P_s$  とすると、

## 【数22】

$$P_s = \frac{4\gamma}{d} \quad (11)$$

ここで、 $\gamma$  : 液体の表面張力 [ $N/m$ ] である。

静電的な力により流体の吐出が起こる条件は、静電的な力が表面張力を上回る条件なので、

## 【数23】

$$P_e > P_s \quad (12)$$

となる。十分に小さいノズル径をもちいることで、静電的な圧力が、表面張力を上回らせる事が可能である。

この関係式より、 $V$  と  $d$  の関係を求める

## 【数24】

$$V > \sqrt{\frac{\gamma kd}{2\epsilon_0}} \quad (13)$$

が吐出の最低電圧を与える。すなわち、式(6) および式(13) より、

## 【数25】

$$h \sqrt{\frac{\gamma\pi}{\epsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2\epsilon_0}} \quad (1)$$

が、本発明の実施形態における動作電圧となる。

## 【0114】

ある直径  $d$  のノズルに対し、吐出限界電圧  $V_c$  の依存性を前述した図9に示す。この図より、微細ノズルによる電界の集中効果を考慮すると、吐出開始電圧は、ノズル径の減少に伴い低下する事が明らかになった。

従来の電界に対する考え方、すなわちノズルに印加する電圧と対向電極間の距離によって定義される電界のみを考慮した場合では、微小ノズルになるに従い、吐出に必要な電圧は増加する。一方、局所電界強度に注目すれば、微細ノズル化により吐出電圧の低下が可能となる。

## 【0115】

静電吸引による吐出は、ノズル端部における液体（液体）の帶電が基本である。帶電の速度は誘電緩和によって決まる時定数程度と考えられる。

## 【数26】

$$\tau = \frac{\epsilon}{\sigma} \quad (2)$$

液体の誘電率  $\epsilon$  を  $10 \text{ F/m}$ 、液体導電率  $\sigma$  を  $10^{-6} \text{ S/m}$  を仮定すると、 $\tau = 1.854 \times 10^{-6} \text{ sec}$  となる。あるいは、臨界周波数を  $f_c [\text{Hz}]$  とすると、

## 【数27】

$$f_c = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (14)$$

となる。この  $f_c$  よりも早い周波数の電界の変化に対しては、応答できず吐出は不可能になると考えられる。上記の例について見積もると、周波数としては  $10 \text{ kHz}$  程度となる。このとき、ノズル半径  $2 \mu\text{m}$ 、電圧  $500 \text{ V}$  弱の場合、ノズル内流量  $G$  は  $10^{-13} \text{ m}^3/\text{s}$  と見積もることができるが、上記の例の液体の場合、 $10 \text{ kHz}$  での吐出が可能なので、1周期での最小吐出量は  $10 \text{ f l}$  (フェムトリットル、 $1 \text{ f l} = 10^{-16} \text{ l}$ ) 程度を達成できる。

## 【0116】

なお、各上記本実施の形態においては、図20に示したようにノズル先端部に於ける電界の集中効果と、対向基板に誘起される鏡像力の作用を特徴とする。このため、先行技術のように基板または基板支持体を導電性にすることや、これら基板または基板支持体への電圧の印加は必ずしも必要はない。すなわち、基板として絶縁性のガラス基板、ポリイミドなどのプラスチック基板、セラミックス基板、半導体基板などを用いることが可能である。

また、上記各実施形態において電極への印加電圧はプラス、マイナスのどちらでも良い。

さらに、ノズルと基材との距離は、 $500 [\mu\text{m}]$  以下に保つことにより、液体の吐出を容易にすることができます。また、図示しないが、ノズル位置検出によるフィードバック制御を行い、ノズルを基材に対し一定に保つようにすることが望ましい。

また、基材を、導電性または絶縁性の基材ホルダーに載置して保持するようにしても良い。

## 【0117】

図21は、本発明を適用した他の基本例の一例としての静電吸引型液体吐出装置のノズル部分の側面断面図を示したものである。ノズル1の側面部には電極15が設けられており、ノズル内液体3との間に制御された電圧が印加される。この電極15の目的は、Electrowetting効果を制御するための電極である。十分な電場がノズルを構成する絶縁体にかかる場合この電極がなくともElectrowetting効果は起こると期待される。しかし、本基本例では、より積極的にこの電極を用いて制御することで、吐出制御の役割も果たすようにしたものである。ノズル1を絶縁体で構成し、先端部におけるノズル管が $1\mu\text{m}$ 、ノズル内径が $2\mu\text{m}$ 、印加電圧が300Vの場合、約30気圧のElectrowetting効果になる。この圧力は、吐出のためには、不十分であるが液体のノズル先端部への供給の点からは意味があり、この制御電極により吐出の制御が可能と考えられる。

## 【0118】

前述した図9は、本発明を適用した実施形態における吐出開始電圧のノズル径依存性を示したものである。静電吸引型液体吐出装置のノズルとして、図11、図14、図18、図19に示した液体吐出ヘッド103のノズル110を用いた。微細ノズルになるに従い吐出開始電圧が低下し、従来より低電圧で吐出可能なことが明らかになった。

上記各実施形態において、液体吐出の条件は、ノズル基板間距離( $h$ )、吐出電圧の振幅(V)、印加電圧振動数(f)のそれぞれの関数になり、それぞれにある一定の条件を満たすことが吐出条件として必要になる。逆にどれか一つの条件を満たさない場合他のパラメーターを変更する必要がある。

## 【0119】

この様子を図22を用いて説明する。

まず吐出のためには、それ以上の電界でないと吐出しないというある一定の臨界電界 $E_c$ が存在する。この臨界電界は、ノズル径、液体の表面張力、粘性などによって変わってくる値で、 $E_c$ 以下の吐出は困難である。臨界電界 $E_c$ 以上すなわち吐出可能電界強度において、ノズル基板間距離( $h$ )と印加電圧の振幅(V)の間には、おおむね比例の関係が生じ、ノズル-基材間距離を縮めた場合、臨界印加電圧Vを小さくする事が出来る。

逆に、ノズル-基材間距離 $h$ を極端に離し、印加電圧Vを大きくした場合、仮に同じ電界強度を保ったとしても、コロナ放電による作用などによって、流体液滴の破裂すなわちバーストが生じてしまう。

## 【実施例1】

## 【0120】

以下に、実施例を挙げることにより、本発明をさらに具体的に説明する。

実施例1では、第一実施形態の静電吸引型液体吐出装置101を用いた。ノズル110に供給する液体として、ハリマ化成株式会社製の銀ナノペースト(商品名)を用い、ノズル110はガラス製とし、ノズル110の内部直径(吐出口112の直径)は $2\mu\text{m}$ とし、絶縁性基材102としてガラス基板を用い、ノズル110の先端から絶縁性基材102の面102aまでの距離を $100\mu\text{m}$ とした。

## 【0121】

次に、表面電位計(Trek社製のModel347)を用いて、絶縁性基材102として用いるガラス基板の表面内の各点について表面電位を測定することによって表面電位分布を求めた。ここで、縦横3mm間隔で縦に100点、横に100点の格子状の計10000点について表面電位を測定した。その結果、ガラス基板の表面電位の最大値 $V_{\max}$ は400[V]であり、最小値 $V_{\min}$ は100[V]であり、中間値 $V_{mid}$ は250[V]であり、電位差 $V_{\max-\min}$ は300[V]であった。

## 【0122】

そして、吐出電圧印加手段兼帯電手段104の定常電圧印加部104aで印加する電圧 $V_s$ を表1の各条件に設定し、ノズル110からガラス基板に向けて液体を吐出し、ノズル110を移動させることによって液体による線をガラス基板の表面にパターニングした。そして、ガラス基板の表面にパターニングされた線の幅の変動を計測した。線の幅の

変動も表1に示した。ここで、変動については、レーザー顕微鏡（株式会社キーエンス製）で線を観察し、線に沿った任意の点で線幅を画像処理によって計測し、線幅の平均値と、最大値又は最小値から求めた。

【0123】

【表1】

	$V_s$	$V_s - V_{mid}$	$V_s / V_{max-min}$	線幅の変動
条件(a)	600V	350V	2.0	10%
条件(b)	1000V	750V	3.3	7%
条件(c)	400V	150V	1.3	55%

【0124】

表1からわかるように条件(a)、条件(b)では電圧 $V_s$ が式(A)を満たしており、条件(a)では線幅の変動が10%と小さく、条件(b)でも線幅の変動が7%と小さかった。条件(c)では電圧 $V_s$ が式(A)を満たさず、線幅の変動が55%と大きかった。このように、条件(a)、(b)では液体の吐出量を一定にすることことができ、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができた。

【実施例2】

【0125】

実施例2では、第一実施形態の静電吸引型液体吐出装置101を用いた。ノズル110に供給する液体として、ハリマ化成株式会社製の銀ナノペースト（商品名）を用い、ノズル110はガラス製とし、ノズル110の内部直径（吐出口112の直径）は2[ $\mu m$ ]とし、絶縁性基材102としてガラス基板を用い、ノズル110の先端から絶縁性基材102の面102aまでの距離を100 $\mu m$ とした。

【0126】

次に、実施例1と同様に表面電位計を用いて、絶縁性基材102として用いるガラス基板の表面内の各点について表面電位を測定することによって表面電位分布を求めた。その結果、ガラス基板の表面電位の最大値 $V_{max}$ は70[V]であり、最小値 $V_{min}$ は-20[V]であり、中間値 $V_{mid}$ は25[V]であり、電位差 $V_{max-min}$ は90[V]であった。

【0127】

そして、吐出電圧印加手段兼帶電手段104の定常電圧印加部104aで印加する電圧 $V_s$ を表2の各条件に設定し、ノズル110からガラス基板に向けて液体を吐出し、ノズル110を移動させることによって液体による線をガラス基板の表面にパターニングした。そして、実施例1と同様に、ガラス基板の表面にパターニングされた線の幅の変動を計測した。線の幅の変動も表2に示した。また、 $V_s / V_{max-min}$ も求め、それも表2に示した。

【0128】

【表2】

	$V_s$	$V_s / V_{\max-\min}$	線幅の変動
条件(d)	400V	4.4	6%
条件(e)	600V	6.7	3%
条件(f)	1000V	11.1	1%

## 【0129】

表2からわかるように条件(d)、条件(e)、条件(f)では電圧 $V_s$ が式(A)を満たしており、条件(d)では線幅の変動が6%と小さく、条件(e)では線幅の変動が3%と小さく、条件(f)では線幅の変動が1%と小さかった。また、 $V_s / V_{\max-\min}$ が大きくなるにつれて線幅の変動が小さくなり、 $V_s / V_{\max-\min}$ が5以上であるのが好ましく、更に10以上であるのが更に好ましいことがわかった。

## 【実施例3】

## 【0130】

実施例3では、第二実施形態の静電吸引型液体吐出装置201を用いた。ノズル110に供給する液体はハリマ化成株式会社製の銀ナノペースト（商品名）を用い、ノズル110はガラス製とし、ノズル110の内部直径（吐出口112の直径）は2 [ $\mu\text{m}$ ] とし、絶縁性基材102としてガラス基板を用い、ノズル110の先端から絶縁性基材102の面102aまでの距離を100  $\mu\text{m}$ とした。

## 【0131】

次に、実施例1と同様に表面電位計を用いて、絶縁性基材102として用いるガラス基板の表面内の各点について表面電位を測定することによって表面電位分布を求めた。その結果、ガラス基板の表面電位の最大値 $V_{\max}$ は70 [V] であり、最小値 $V_{\min}$ は-20 [V] であり、中間値 $V_{mid}$ は25 [V] であり、電位差 $V_{\max-\min}$ は90 [V] であった。

## 【0132】

そして、吐出電圧印加手段兼帯電手段204の定常電圧印加部204aで印加するバイアス電圧 $V_1$ と、パルス電圧印加部204bで印加するパルス電圧 $V_2$ を表3の各条件に設定し、ノズル110を移動させつつパルス電圧 $V_2$ を印加することを250回繰り返すことによってノズル110からガラス基板に向けて液体を液滴として250回吐出し、液滴によるドットをガラス基板の表面にパターニングした。そして、ガラス基板の表面にパターニングされたドット径の変動率を求めた。ドット径の変動率も表3に示した。ここで、変動率については、レーザー顕微鏡（株式会社キーエンス製）でドットを観察し、各ドットを円形と見なしてドットの面積から直径を画像処理によって計測し、計測した直径の標準偏差及び平均値を求めて、標準偏差を平均値で除することによって求めた。

## 【0133】

【表3】

条件(g)	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> +V <sub>2</sub>	変動率
条件(h)	0V	350V	350V	12%
条件(i)	100V	350V	450V	8%
条件(j)	-450V	350V	-100V	8%
条件(j)	-100V	350V	250V	5%

## 【0134】

表3からわかるように条件(g)、条件(h)、条件(i)、条件(j)の何れでも吐出電極107に印加される電圧の最小値であるバイアス電圧V<sub>1</sub>と、最大値である(バイアス電圧V<sub>1</sub>+パルス電圧V<sub>2</sub>)のうちの少なくとも一方が式(A)の電圧V<sub>s</sub>を満たしている。条件(g)ではドット径の変動率が12%と小さく、条件(h)では変動率が8%と更に小さく、条件(i)では変動率が8%と小さく、条件(j)では変動率が5%と更に小さかった。このように、条件(g)～(j)では液体の吐出量を一定にすることができる、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができた。なお、条件(g)における変動率が他の条件(h)～条件(j)よりも大きかったのは、バイアス電圧V<sub>1</sub>が絶縁性基材102の表面電位の最小値V<sub>min</sub>よりも大きく最大値V<sub>max</sub>よりも小さかったためと考えられる。そのため、ドット径の変動率を小さくするためには、図15に示すような波形のパルス電圧を吐出電極107に印加するのではなく、図16又は図17に示すような波形のパルス電圧を吐出電極107に印加すると良いと考えられる。また、条件(j)では(V<sub>1</sub>+V<sub>2</sub>)がV<sub>mid</sub>よりも大きく、V<sub>1</sub>がV<sub>mid</sub>よりも小さいため、変動率が最も小さかった。

## 【実施例4】

## 【0135】

実施例4では、第二実施形態の静電吸引型液体吐出装置201を用いた。ノズル110に供給する液体はハリマ化成株式会社製の銀ナノペースト(商品名)を用い、ノズル110はガラス製とし、ノズル110の内部直径(吐出口112の直径)は2[μm]とし、絶縁性基材102としてガラス基板を用い、ノズル110の先端から絶縁性基材102の

面102aまでの距離を100μmとした。

【0136】

次に、実施例1と同様に表面電位計を用いて、絶縁性基材102として用いるガラス基板の表面内の各点について表面電位を測定することによって表面電位分布を求めた。その結果、ガラス基板の表面電位の最大値 $V_{max}$ は70[V]であり、最小値 $V_{min}$ は-20[V]であり、中間値 $V_{mid}$ は25[V]であり、電位差 $V_{max-min}$ は90[V]であった。

【0137】

そして、吐出電圧印加手段兼帯電手段204の定常電圧印加部204aで印加するバイアス電圧 $V_1$ と、パルス電圧印加部204bで印加するパルス電圧 $V_2$ を表4の各条件に設定し、ノズル110を移動させつつパルス電圧 $V_2$ を印加することを250回繰り返すことによってノズル110からガラス基板に向けて液体を液滴として250回吐出し、液滴によるドットをガラス基板の表面にパターニングした。そして、ガラス基板の表面にパターニングされたドット径の変動率を実施例3と同様に求めた。ドット径の変動率も表4に示した。また、電圧の最大値の絶対値又は最小値の絶対値（つまり、 $|V_1|$ 又は $|V_1 + V_2|$ ）で大きい方と、 $V_{max-min}$ との比（ここで、全て $|V_1 + V_2| / V_{max-min}$ ）を求め、それも表4に示した。

【0138】

【表4】

				変動率		
		$ V_1 + V_2  / V_{1,\max-min} $		5%	2%	0.8%
条件(k)	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> +V <sub>2</sub>	250V	2.8	
	-100V	350V	250V	500V	5.6	
	-100V	600V	600V	1000V	11.1	
条件(l)						
条件(m)						

## 【0139】

表4からわかるように条件(k)、条件(l)、条件(m)の何れでも吐出電極107に印加される電圧の最小値であるバイアス電圧V<sub>1</sub>と、最大値である(バイアス電圧V<sub>1</sub>+パルス電圧V<sub>2</sub>)のうちの少なくとも一方が式(A)の電圧V<sub>s</sub>を満たしている。条件(k)ではドット径の変動率が5%と小さく、条件(l)では変動率が2%と更に小さく、条件(m)では変動率が0.8%と更に小さかった。このように、条件(k)～(m)では液体の吐出量を一定にすことができ、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができた。また、 $|V_1 + V_2| / V_{1,\max-min}|$ が大きくなるにつれて変動率が小さくなり、 $|V_1 + V_2| / V_{1,\max-min}|$ が5以上であるのが好ましく、更に10以上であるのが更に好ましいことがわかった。

## 【実施例5】

## 【0140】

実施例5の条件(n)では、第三実施形態の静電吸引型液体吐出装置301を用いた。

条件 (o)、条件 (p)、条件 (q)、条件 (r) では、第四実施形態の静電吸引型液体吐出装置 401 を用いた。条件 (s) では、第四実施形態のような除電器 405 を装備していない静電吸引型液体吐出装置 401 を用いた。何れの条件 (n) ~ 条件 (r) でも、ノズル 110 に供給する液体はハリマ化成株式会社製の銀ナノペーストを用い、ノズル 110 はガラス製とし、ノズル 110 の内部直径 (吐出口 112 の直径) は  $2 \text{ } [\mu\text{m}]$  とし、絶縁性基材 102 としてガラス基板を用い、ノズル 110 の先端から絶縁性基材 102 の面 102a までの距離を  $100 \mu\text{m}$  とした。

#### 【0141】

また、実施例 1 と同様に表面電位計を用いて、絶縁性基材 102 として用いるガラス基板の表面内の各点について表面電位を測定することによって表面電位分布を求めた。その結果、ガラス基板の表面電位の最大値  $V_{\max}$  は  $300 \text{ [V]}$  であり、最小値  $V_{\min}$  は  $-100 \text{ [V]}$  であり、中間値  $V_{\text{mid}}$  は  $100 \text{ [V]}$  であり、電位差  $V_{\max-\min}$  は  $400 \text{ [V]}$  であった。

#### 【0142】

条件 (n) では、 $\pm 500 \text{ [V]}$ 、周波数  $1 \text{ [k Hz]}$  の交流電圧を交流電圧印加手段 305 によって吐出電極 107 に印加しつつ、液体吐出ヘッド 103 をガラス基板に対して走査することによって、ガラス基板の表面全体を除電した。

#### 【0143】

条件 (o) では、除電器 405 として自己放電方式の除電ブラシ (アキレス株式会社製のノンスパーク) を用いた。この除電器 405 をガラス基板に対して走査することによって、ガラス基板の表面全体を除電した。

#### 【0144】

条件 (p) では、除電器 405 としてコロナ放電方式の交流電圧印加型除電器 (株式会社キーエンス製の SJ-S) を用い、特に交流周波数を  $33 \text{ [Hz]}$  とした。この除電器 405 をガラス基板に対して走査することによって、ガラス基板の表面全体を除電した。

#### 【0145】

条件 (q) では、除電器 405 として高周波コロナ放電方式の交流電圧印加型除電器 (シンド静電気株式会社製の Zapp) を用い、特に交流周波数を  $38 \text{ [k Hz]}$  とした。この除電器 405 をガラス基板に対して走査することによって、ガラス基板の表面全体を除電した。

#### 【0146】

条件 (r) では、除電器 405 として、光電離によるイオン生成方式を利用した微弱 X 線照射方式の除電器 (浜松ホトニクス株式会社製のフォトイオナイザ) を用いた。この除電器 405 で微弱 X 線をガラス基板に照射することによって、ガラス基板の表面全体を除電した。

#### 【0147】

条件 (s) では、除電を行わなかった。

#### 【0148】

そして、条件 (n) ~ 条件 (s) のそれぞれについて、定常電圧を吐出電極 107 に印加することによってノズル 110 からガラス基板に向けて液体を吐出し、ノズル 110 を移動させることによって液体による線をガラス基板の表面にパターニングした。そして、ガラス基板の表面にパターニングされた線の幅の変動を計測した。線幅の変動の求め方については実施例 1 の場合と同様とした。除電方式と結果を表 5 に示した。

#### 【0149】

【表5】

	除電方式	線幅の変動
条件(n)	ノズルの電極に交流電圧を印加することによる除電	3%
条件(o)	自己放電式の除電ブラシ	70%
条件(p)	コロナ放電方式	10%
条件(q)	高周波コロナ放電方式	7%
条件(r)	微弱X線照射方式	4%
条件(s)	除電なし	90%

## 【0150】

表5からわかるように、条件(s)のようにガラス基板を除電しなかった場合には、線幅の変動が90%と大きかった。それに対して、条件(n)～条件(r)のようにガラス基板を除電した場合には、線幅の変動が除電しない場合よりも小さかった。特に、条件(n)では線幅の変動が3%と小さく、条件(p)では線幅の変動が10%と小さく、条件(q)では線幅の変動が7%と小さく、条件(r)では線幅の変動が4%と小さかった。このように、条件(n)～(r)では液体の吐出量を一定にすることができ、位置によって液体の吐出不良が生じることを防止することができた。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0151】

【図1】ノズル径を $\phi 0.2 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図1(a)はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図1(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図2】ノズル径を $\phi 0.4 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図2(a)はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図2(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図3】ノズル径を $\phi 1 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図3(a)はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図3(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図4】ノズル径を $\phi 8 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図4(a)はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図4(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図5】ノズル径を $\phi 20 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図5(a)はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図5(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図6】ノズル径を $\phi 50 [\mu\text{m}]$ とした場合の電界強度分布を示し、図6(a)はノズルと対向電極との距離が $2000 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示し、図6(b)は、ノズルと対向電極との距離が $100 [\mu\text{m}]$ に設定されたときの電界強度分布を示す。

【図7】図1～図6の各条件下での最大電界強度を示す図表を示す。

【図8】ノズルのノズル径とノズルの先端位置に液面があるとした時の最大電界強度との関係を示す線図である。

【図9】ノズルのノズル径とノズル先端部で吐出する液滴が飛翔を開始する吐出開始電圧、該初期吐出液滴のレイリー限界での電圧値及び吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比との関係を示す線図である。

【図10】ノズル径とノズル先端部の強電界の領域の関係で表されるグラフである。

【図11】本発明を適用した第一実施形態としての静電吸引型液体吐出装置を一部破断して示した斜視図である。

【図12】ノズル内流路の他の形状の例を示す一部切り欠いた斜視図であり、図12 (A) は液室側に丸みを設けた例であり、図12 (B) は流路内壁面をテーパ周面とした例であり、図12 (C) はテーパ周面と直線状の流路とを組み合わせた例を示す。

【図13】定常電圧の波形を示したグラフである。

【図14】本発明を適用した第二実施形態としての静電吸引型液体吐出装置を一部破断して示した斜視図である。

【図15】パルス電圧の波形を示したグラフである。

【図16】パルス電圧の波形を示したグラフである。

【図17】パルス電圧の波形を示したグラフである。

【図18】本発明を適用した第三実施形態としての静電吸引型液体吐出装置を一部破断して示した斜視図である。

【図19】本発明を適用した第四実施形態としての静電吸引型液体吐出装置を一部破断して示した斜視図である。

【図20】本発明の実施の形態として、ノズルの電界強度の計算を説明するために示した図面である。

【図21】本発明の一例としての液体吐出機構の側面断面図を示したものである。

【図22】本発明の実施の形態の液体吐出装置における距離一電圧の関係による吐出条件を説明した図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0152】

101、201、301、401 … 静電吸引型液体吐出装置

102 … 絶縁性基材

103 … 液体吐出ヘッド

104、204 … 吐出電圧印加手段兼帯電手段（電圧印加手段）

107 … 吐出電極

110 … ノズル

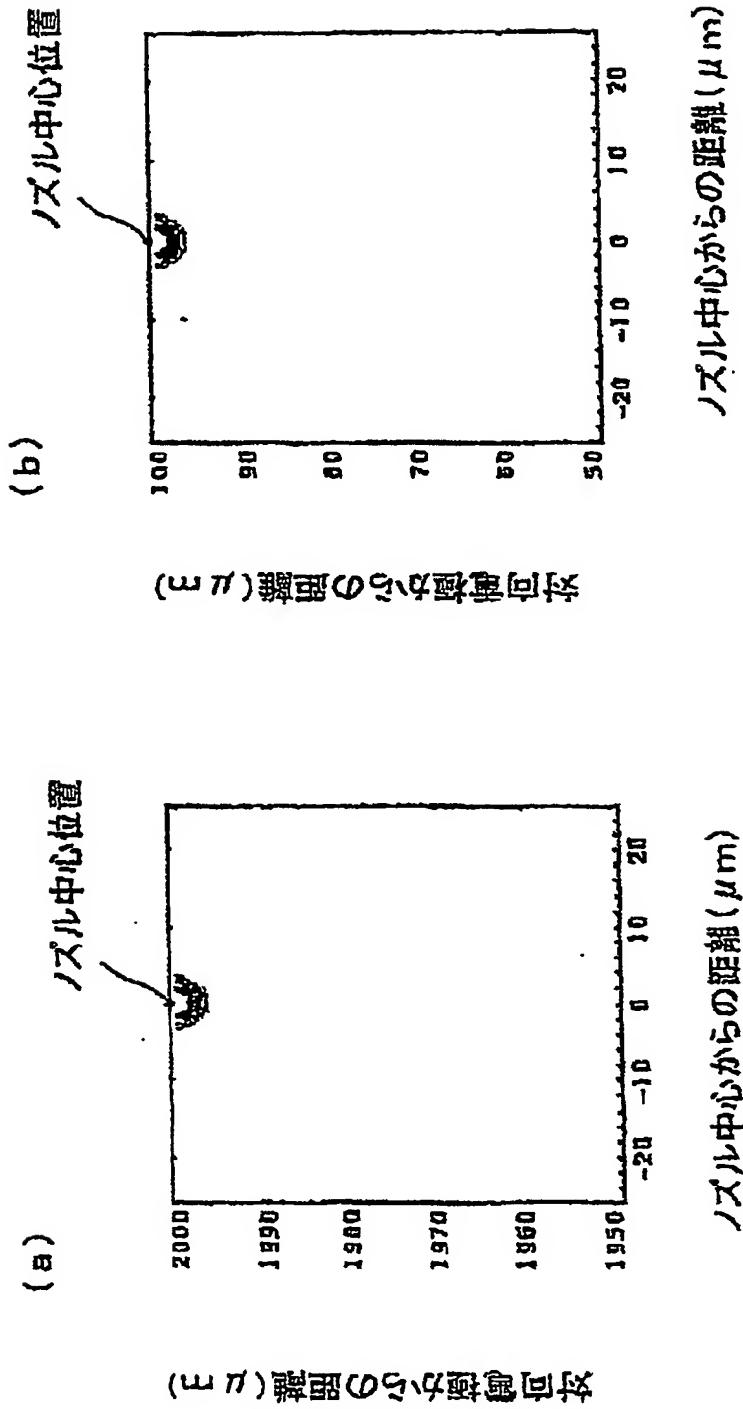
112 … 吐出口

304 … 吐出電圧印加手段

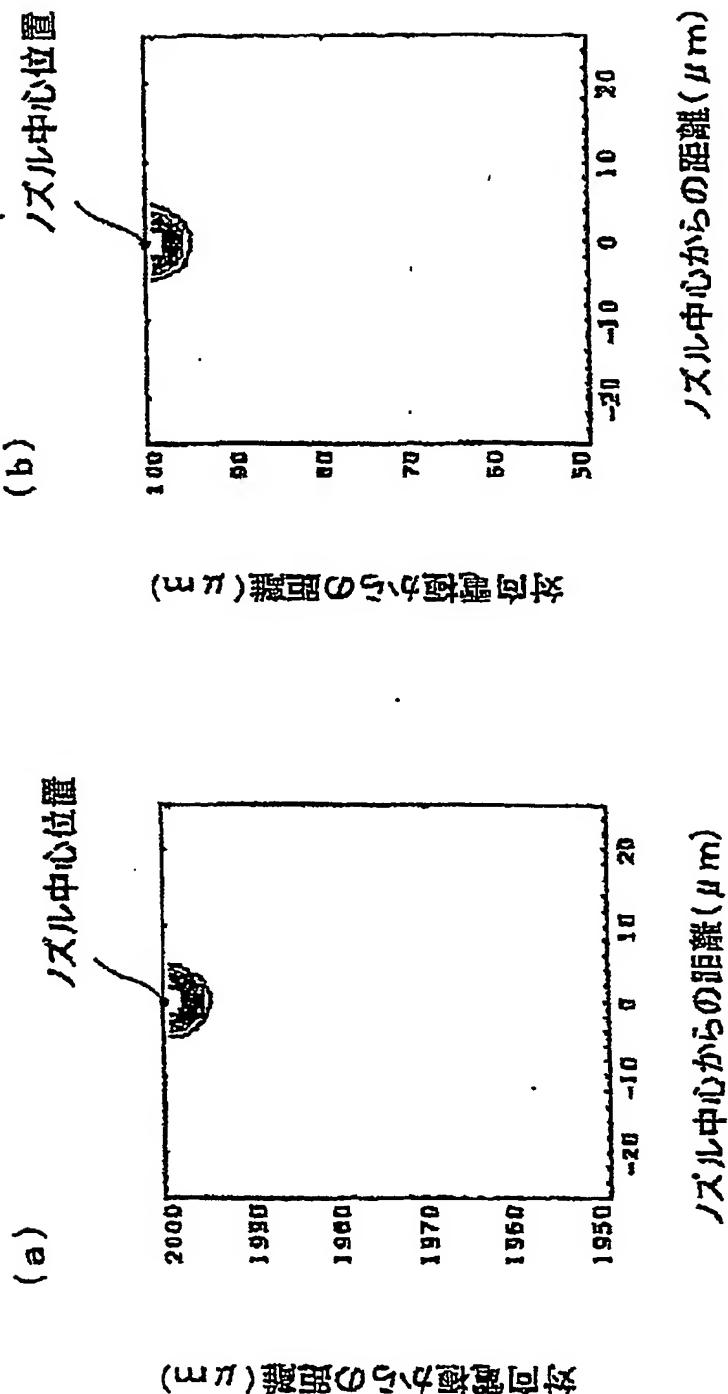
305 … 交流電圧印加手段

405 … 除電器

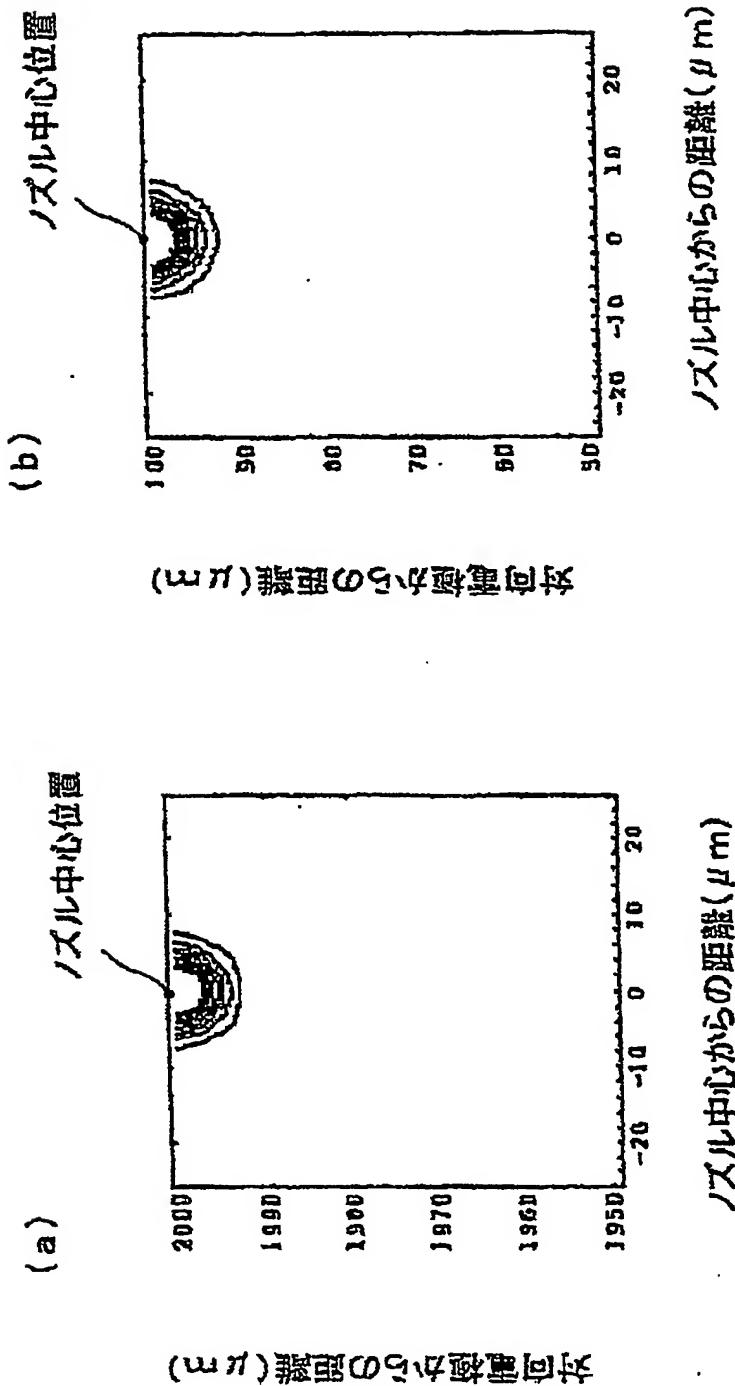
【書類名】 図面  
【図 1】



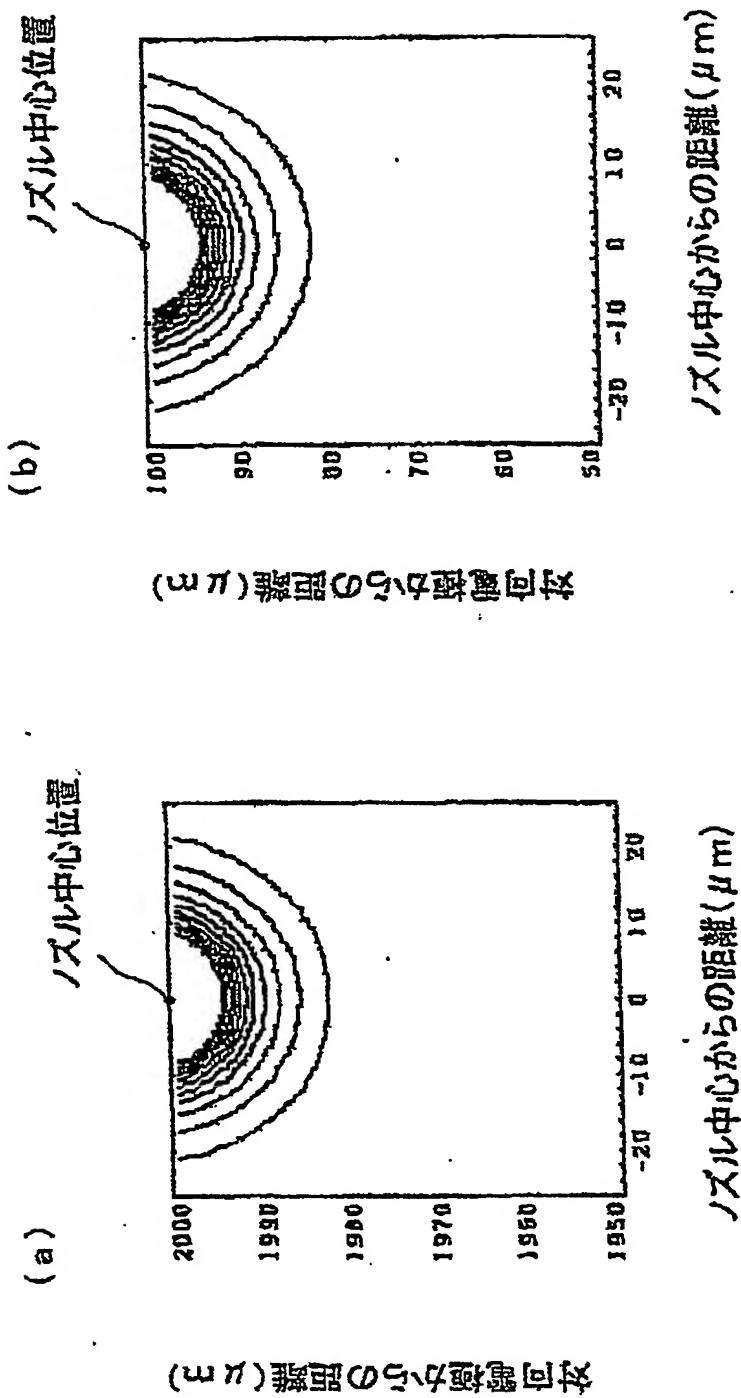
【図2】



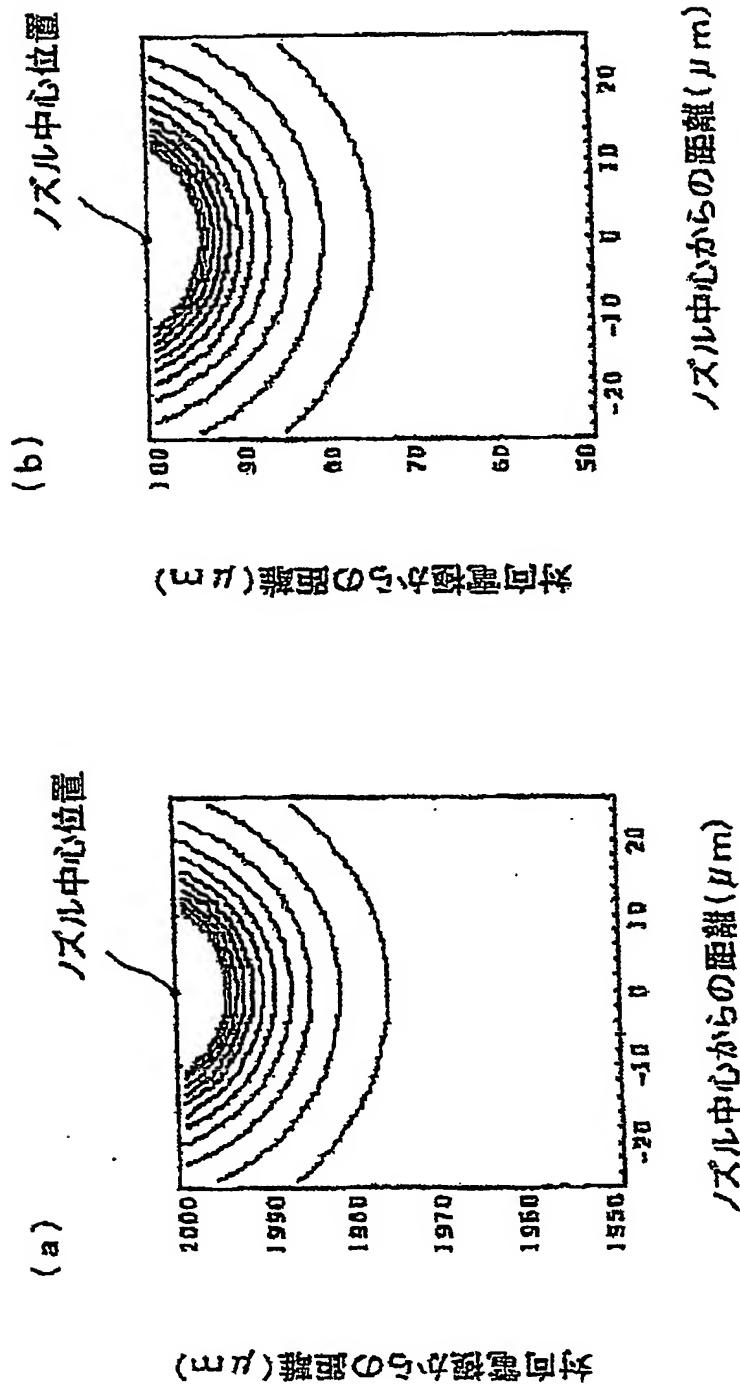
【図3】



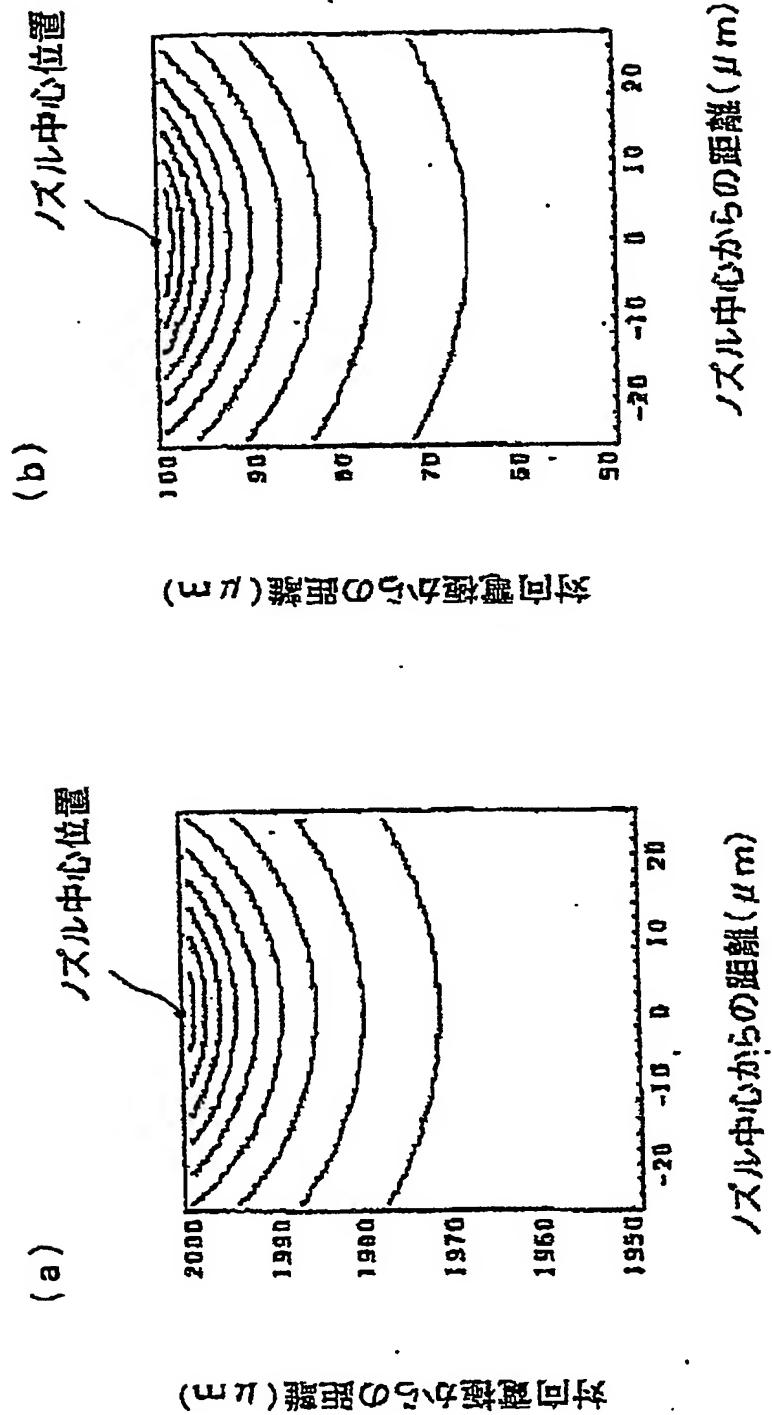
【図4】



【図5】



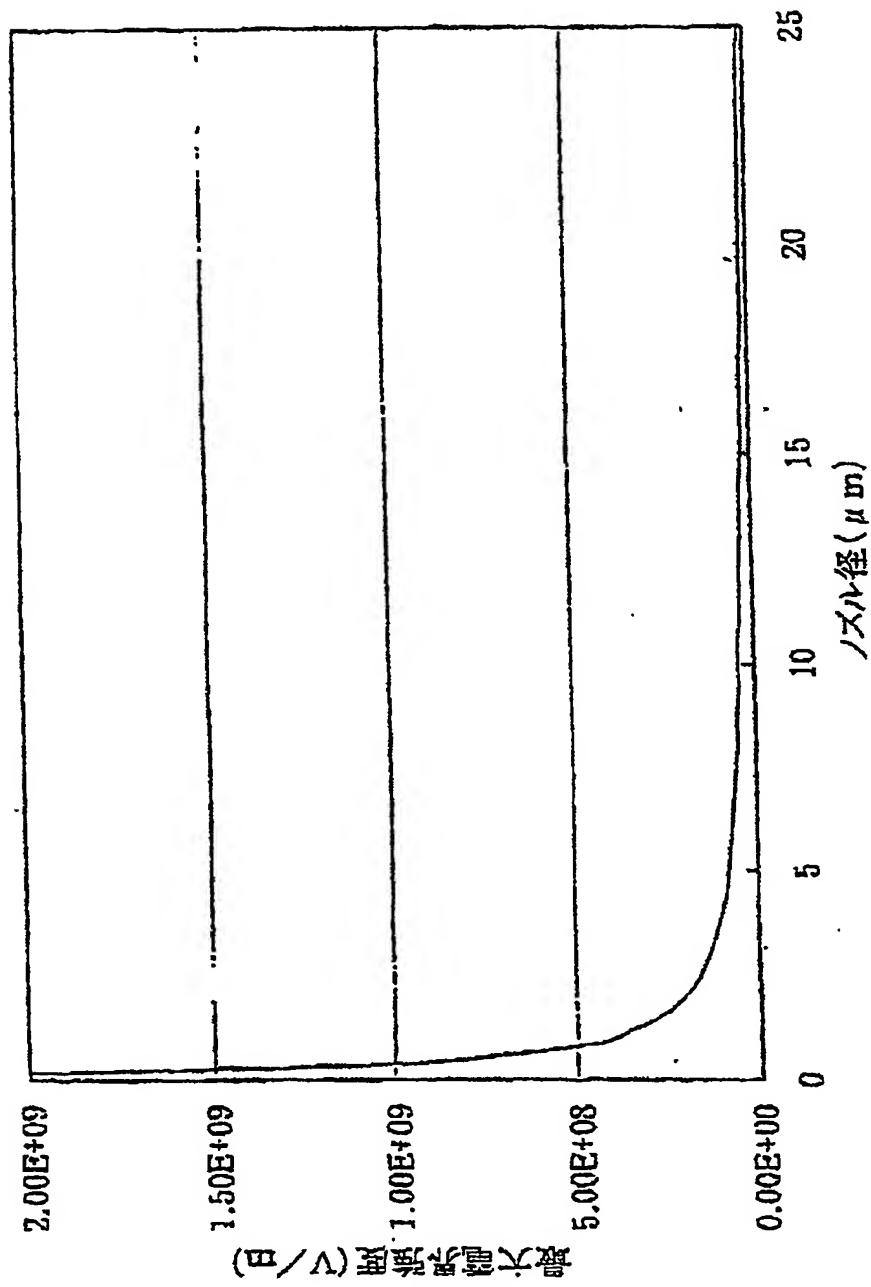
【図6】



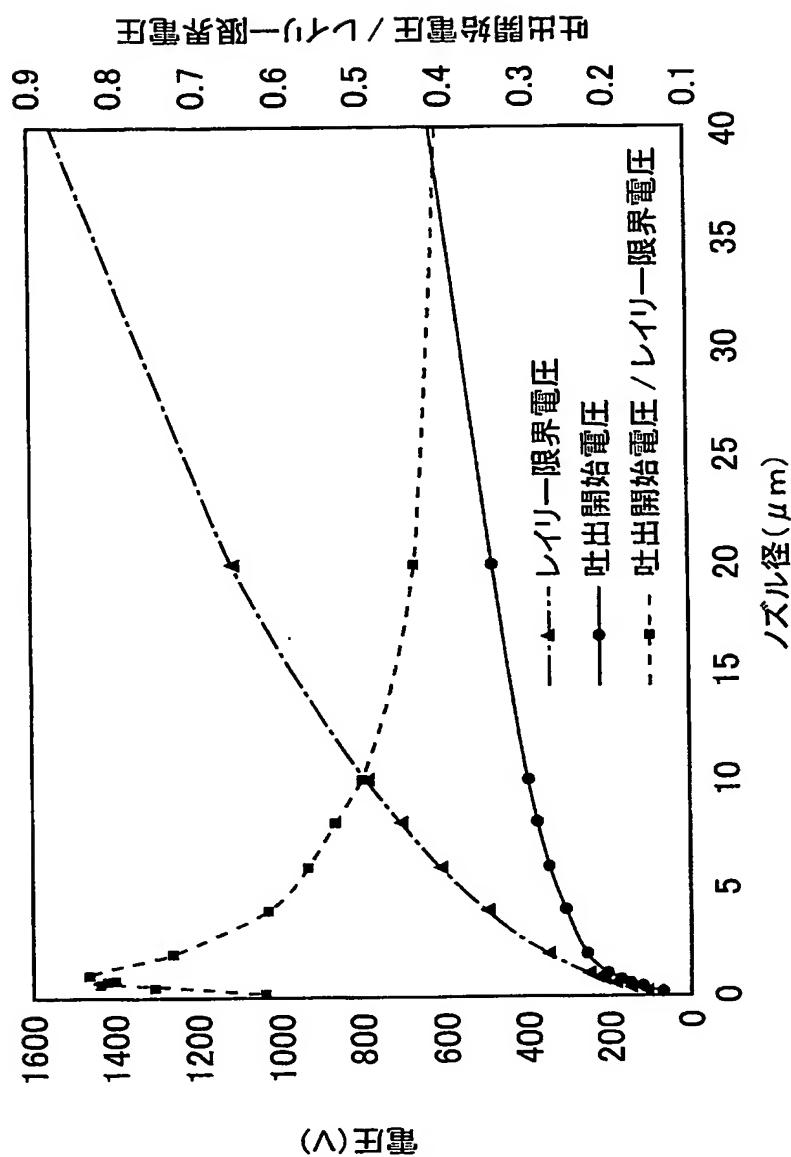
【図7】

ノズル径 ( $\mu\text{m}$ )	最大電界強度 (V/m)		変動率 (%)
	キャップ100 ( $\mu\text{m}$ )	キャップ2000 ( $\mu\text{m}$ )	
0.2	$2.001 \times 10^9$	$2.00005 \times 10^9$	0.05
0.4	$1.001 \times 10^9$	$1.00005 \times 10^9$	0.09
1	$0.401002 \times 10^9$	$0.40005 \times 10^9$	0.24
8	$0.0510196 \times 10^9$	$0.05005 \times 10^9$	1.94
20	$0.0210476 \times 10^9$	$0.0200501 \times 10^9$	4.98
50	$0.00911111 \times 10^9$	$0.00805 \times 10^9$	13.18

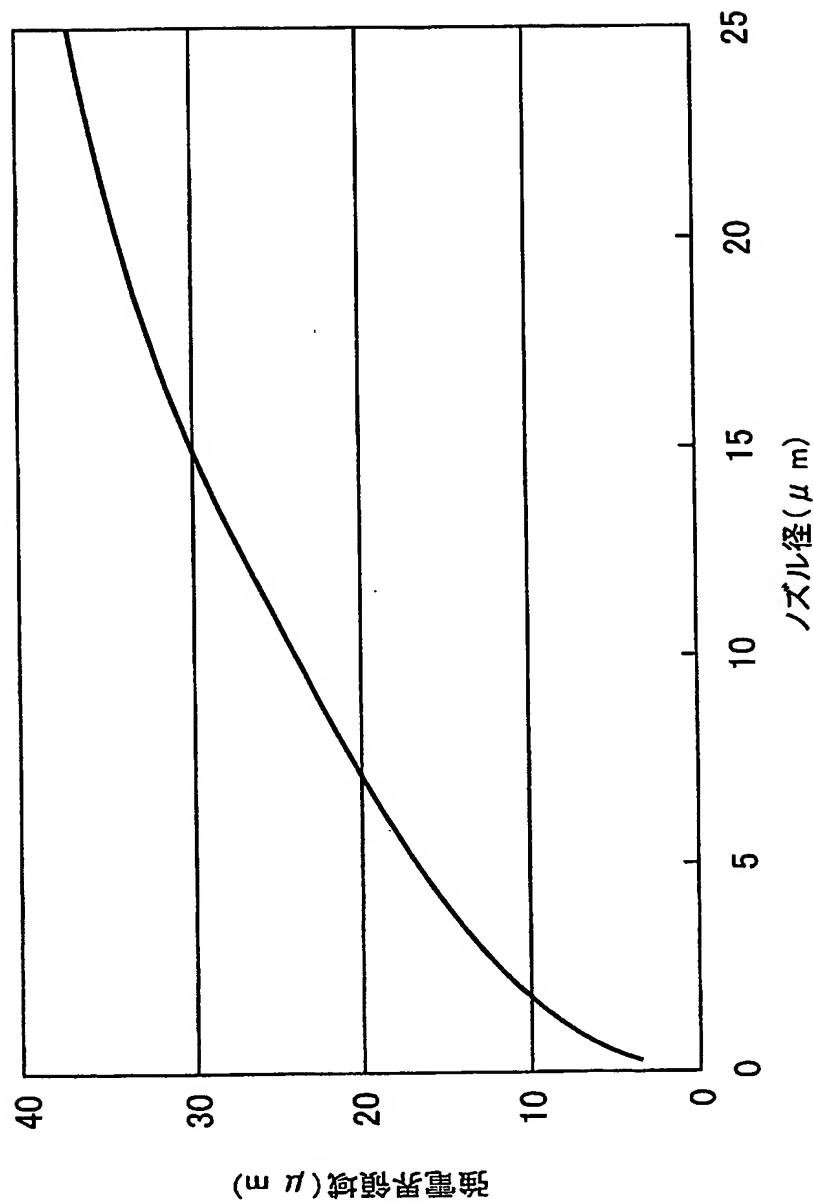
【図 8】



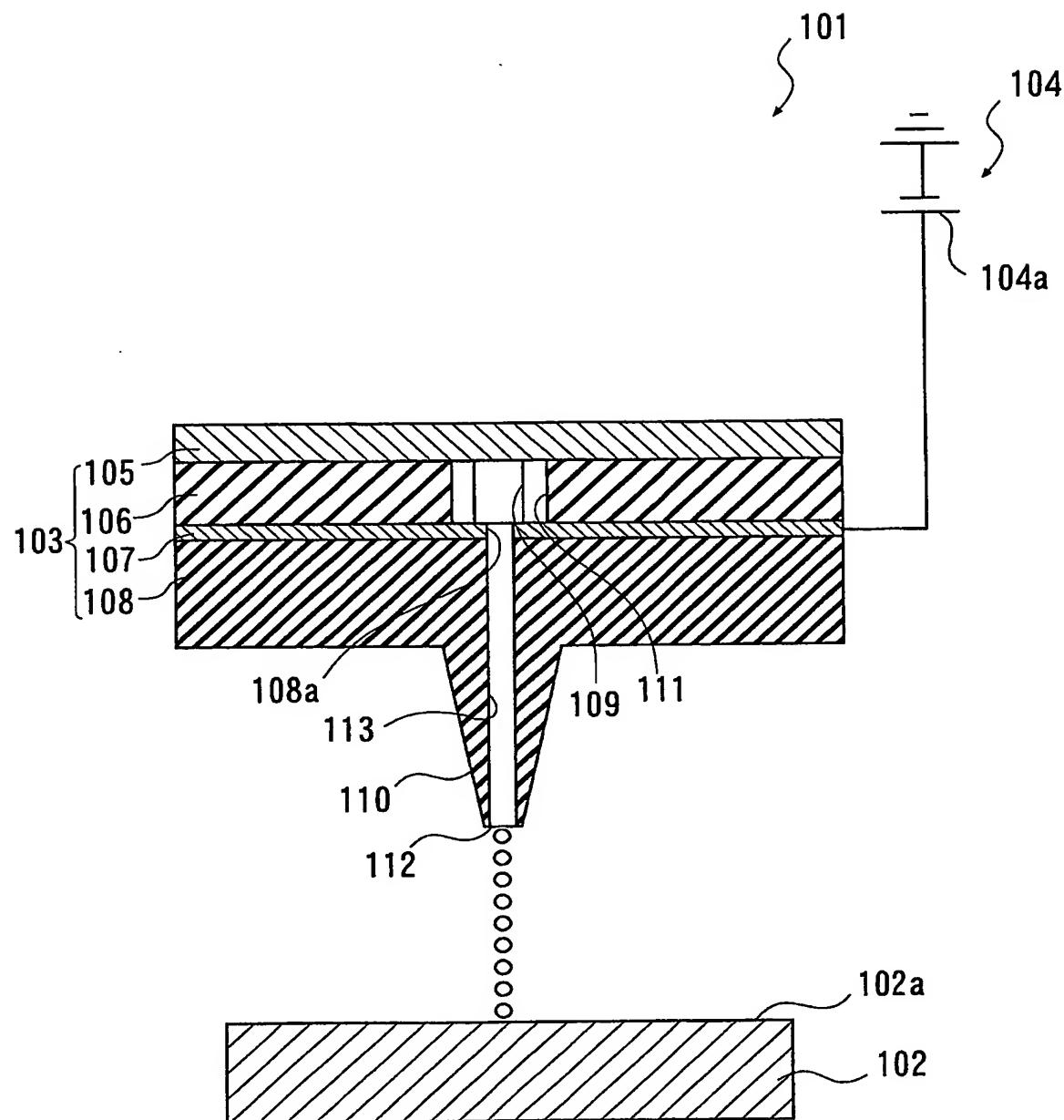
【図9】



【図10】

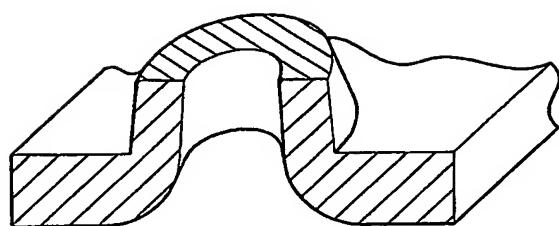


【図11】

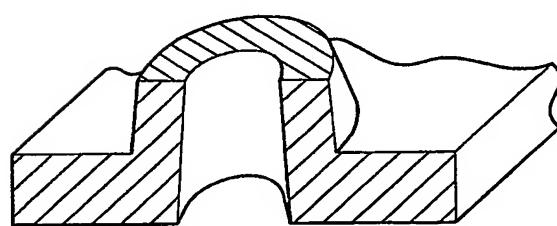


【図12】

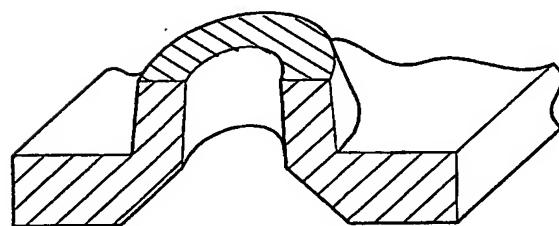
(A)



(B)

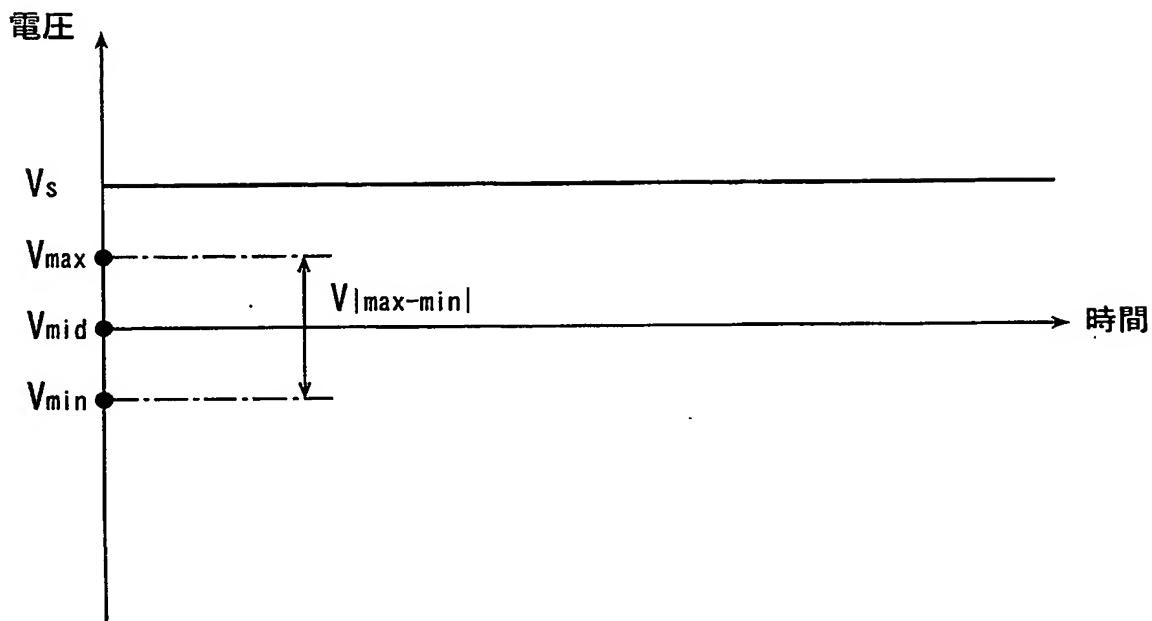


(C)

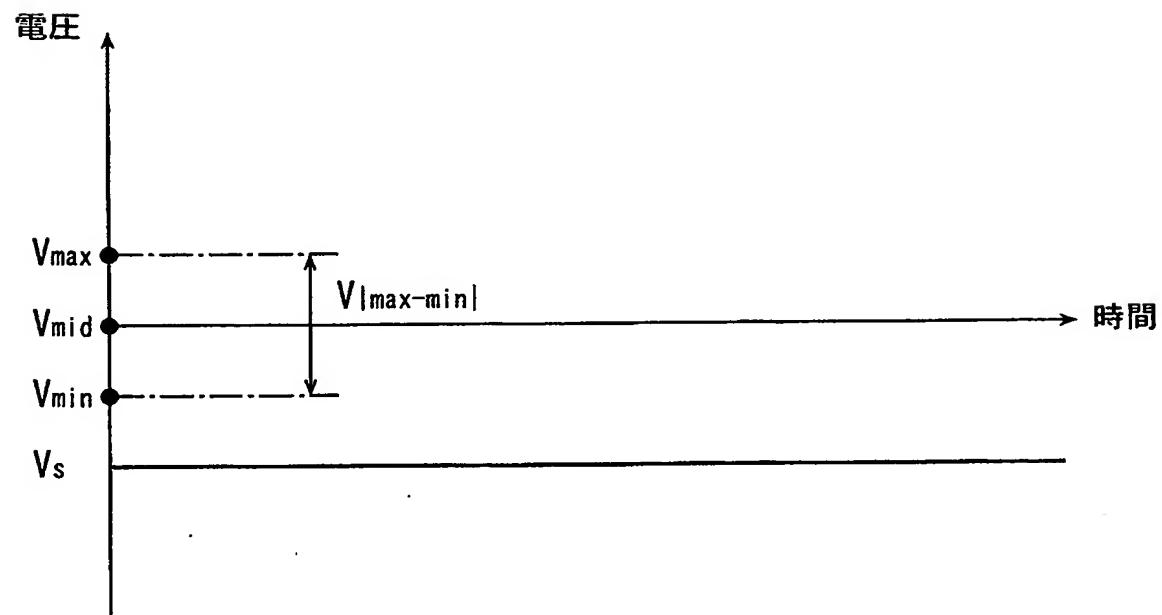


【図13】

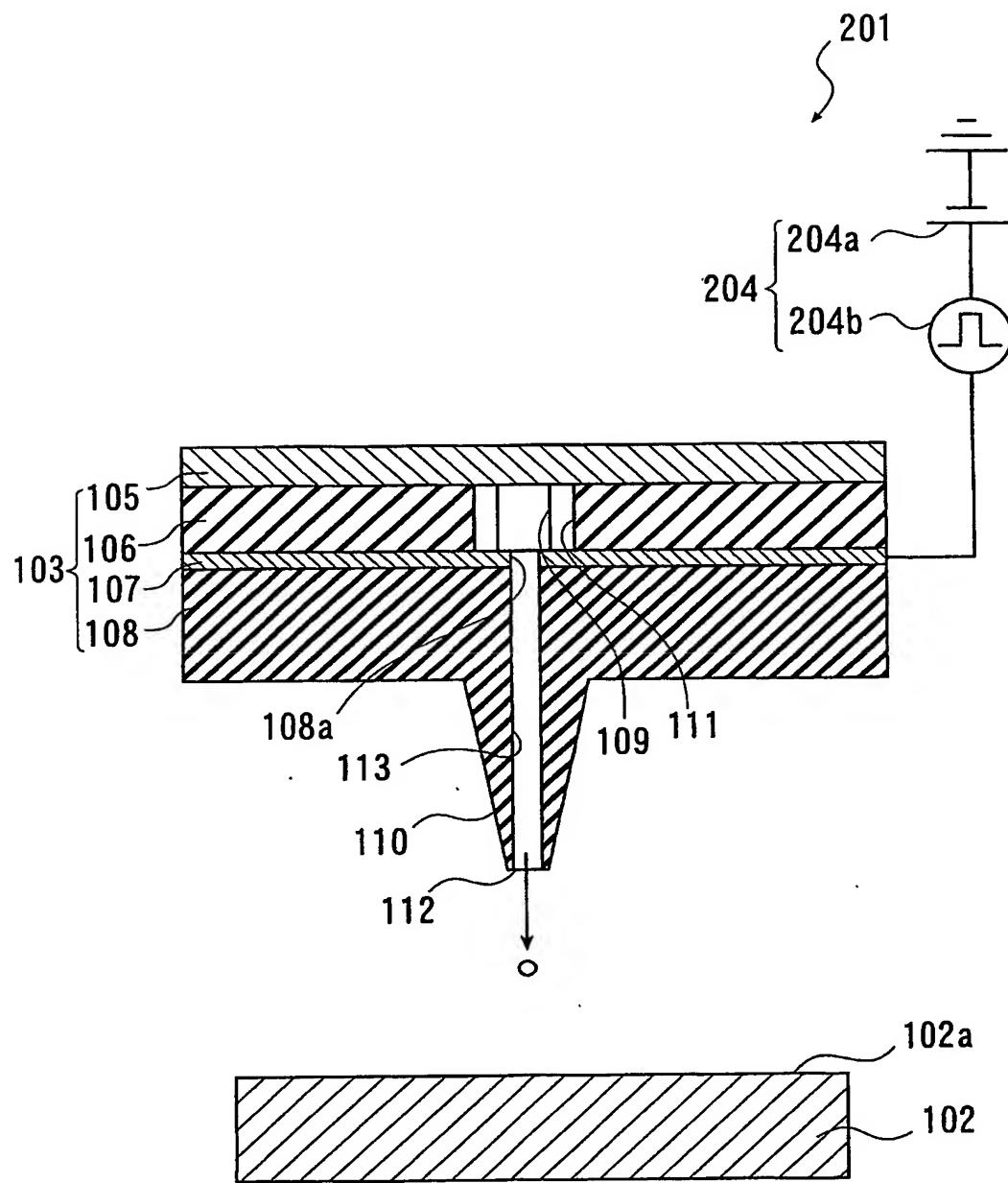
(a)



(b)

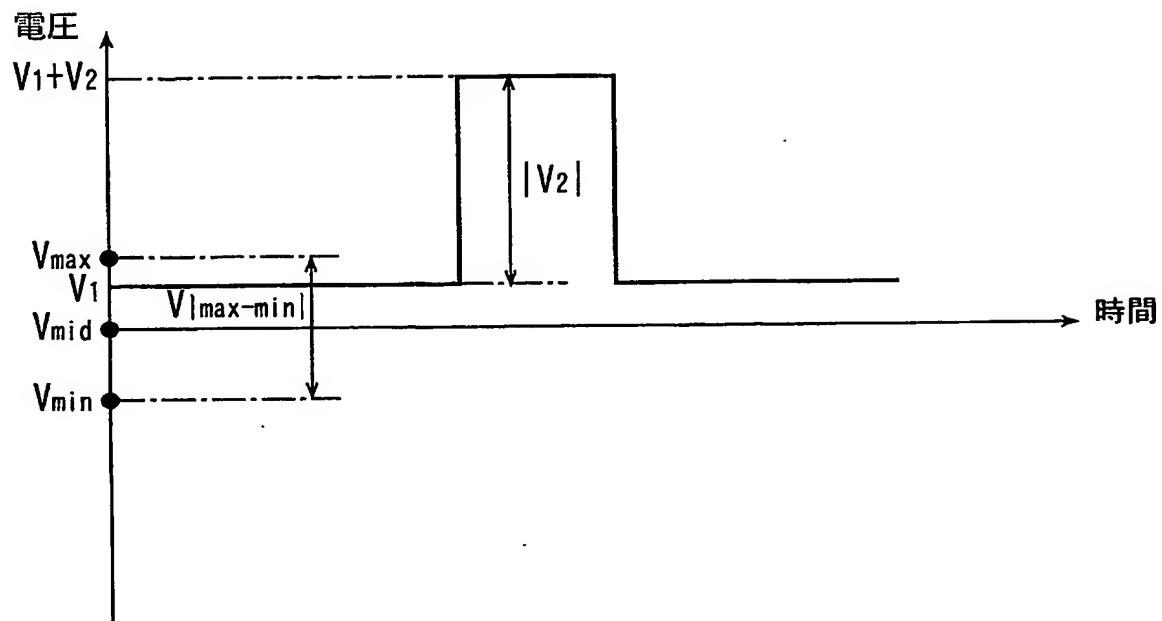


【図14】

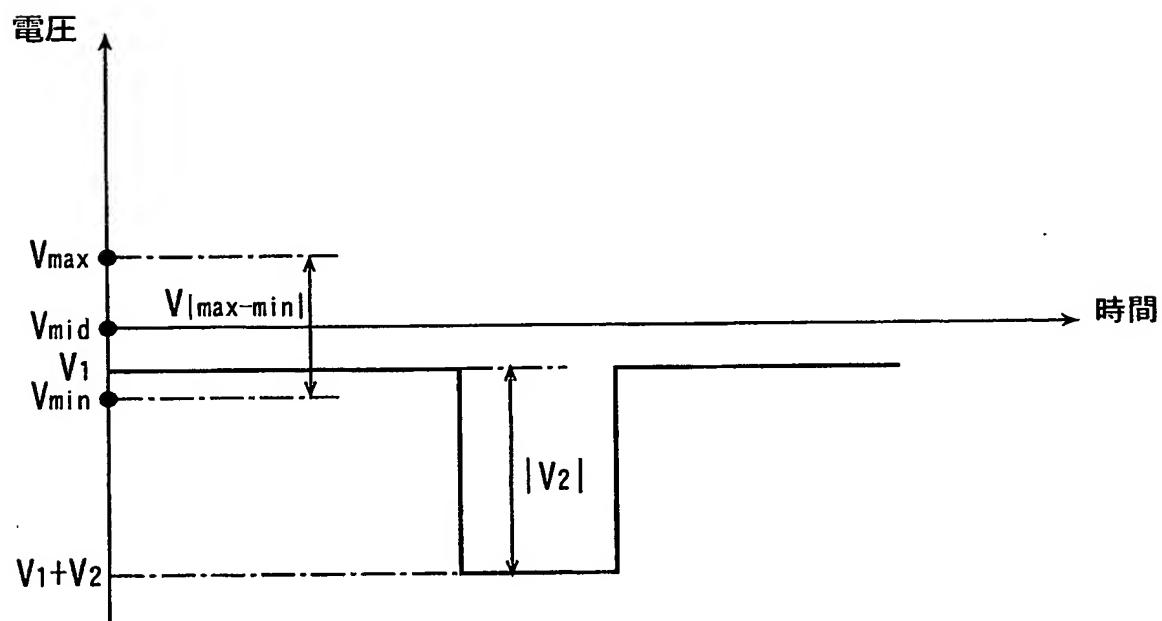


【図 15】

(a)

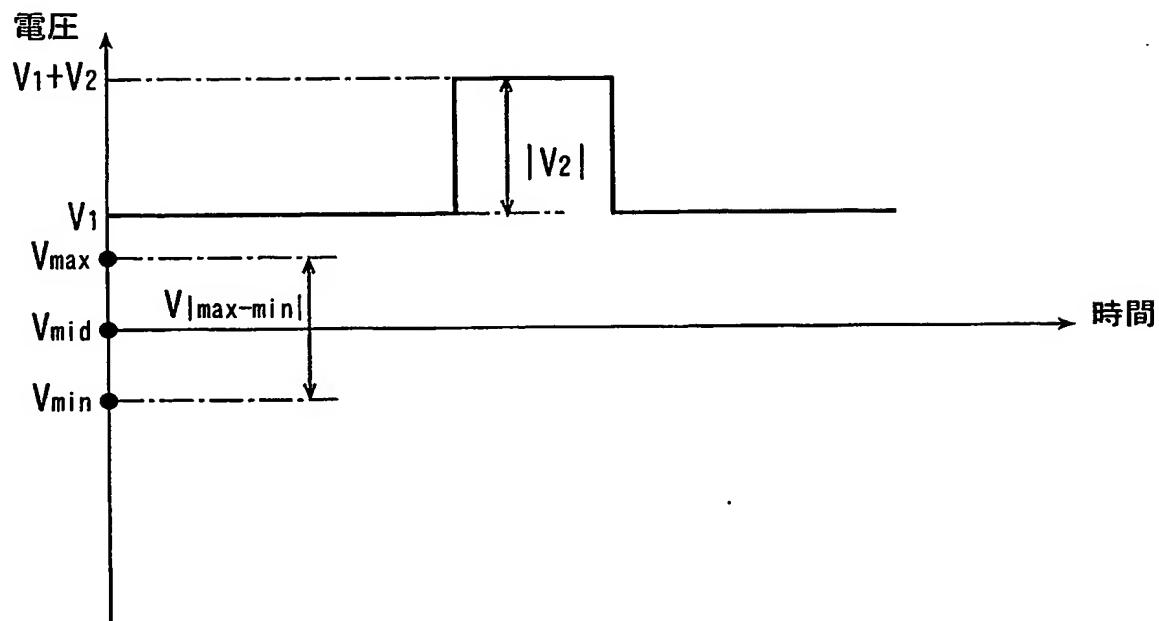


(b)

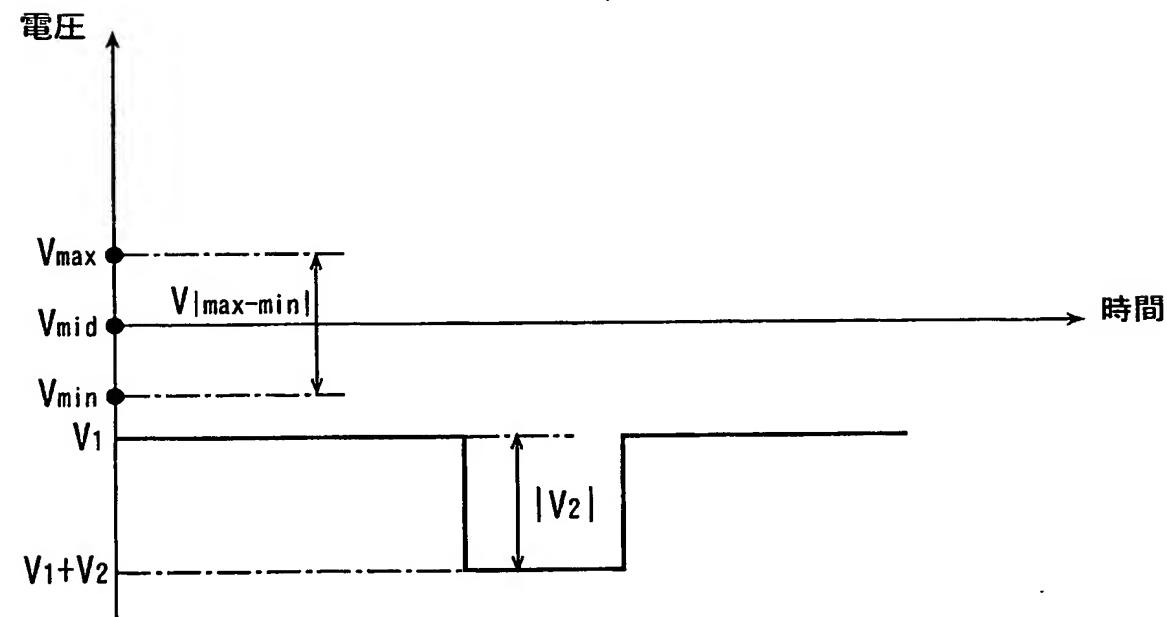


【図16】

(a)

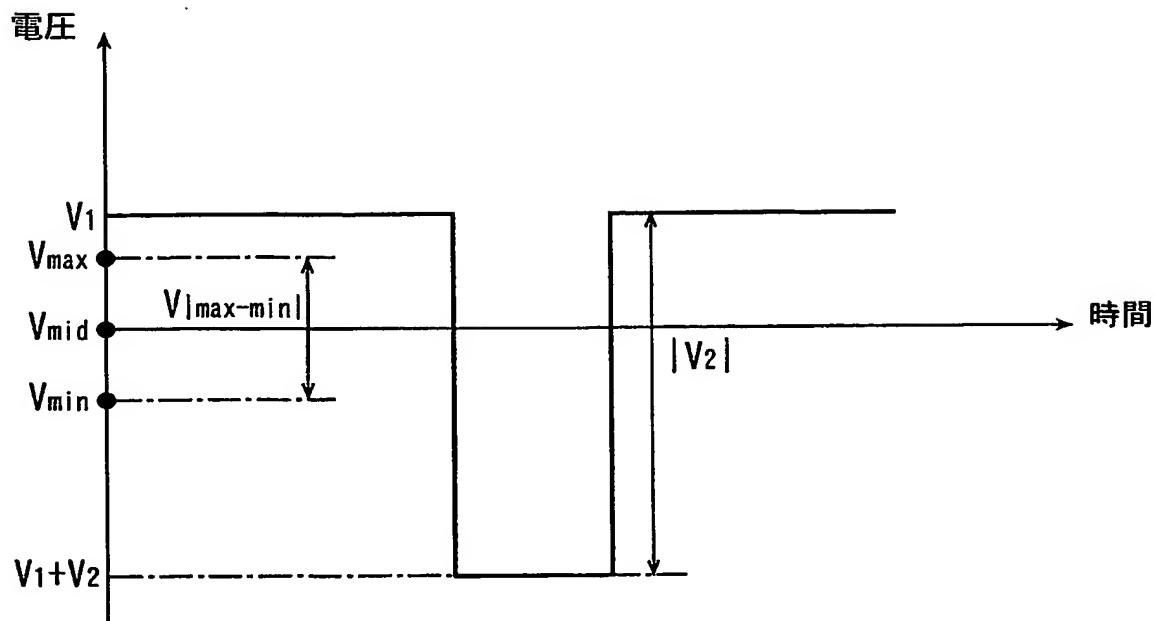


(b)

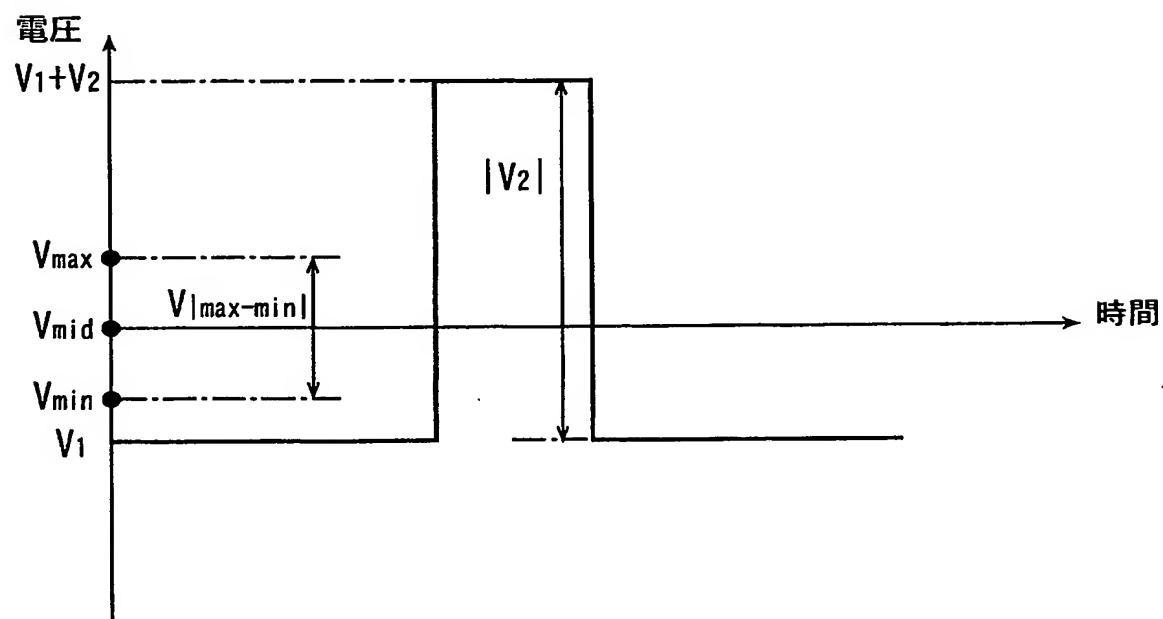


【図17】

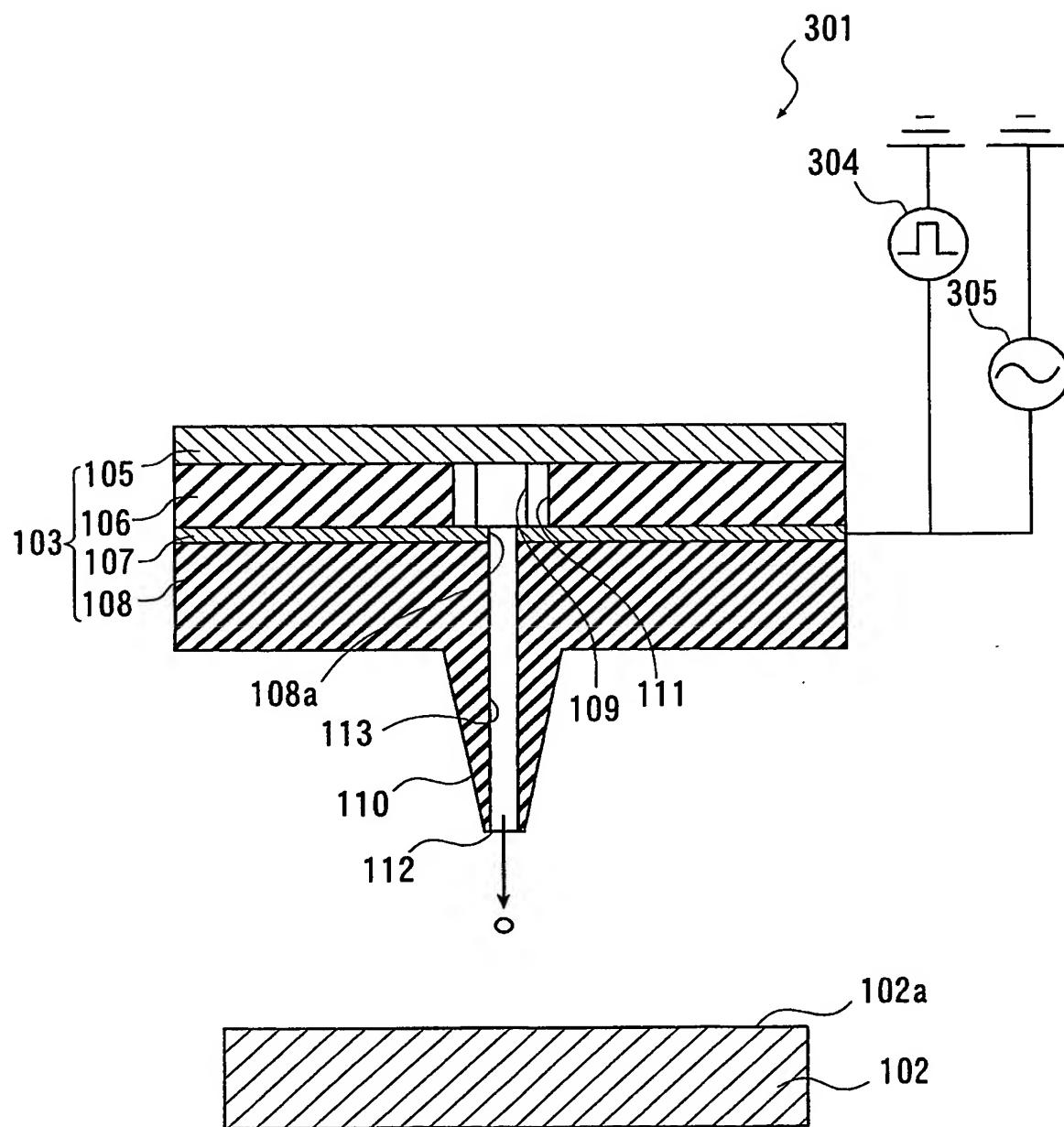
(a)



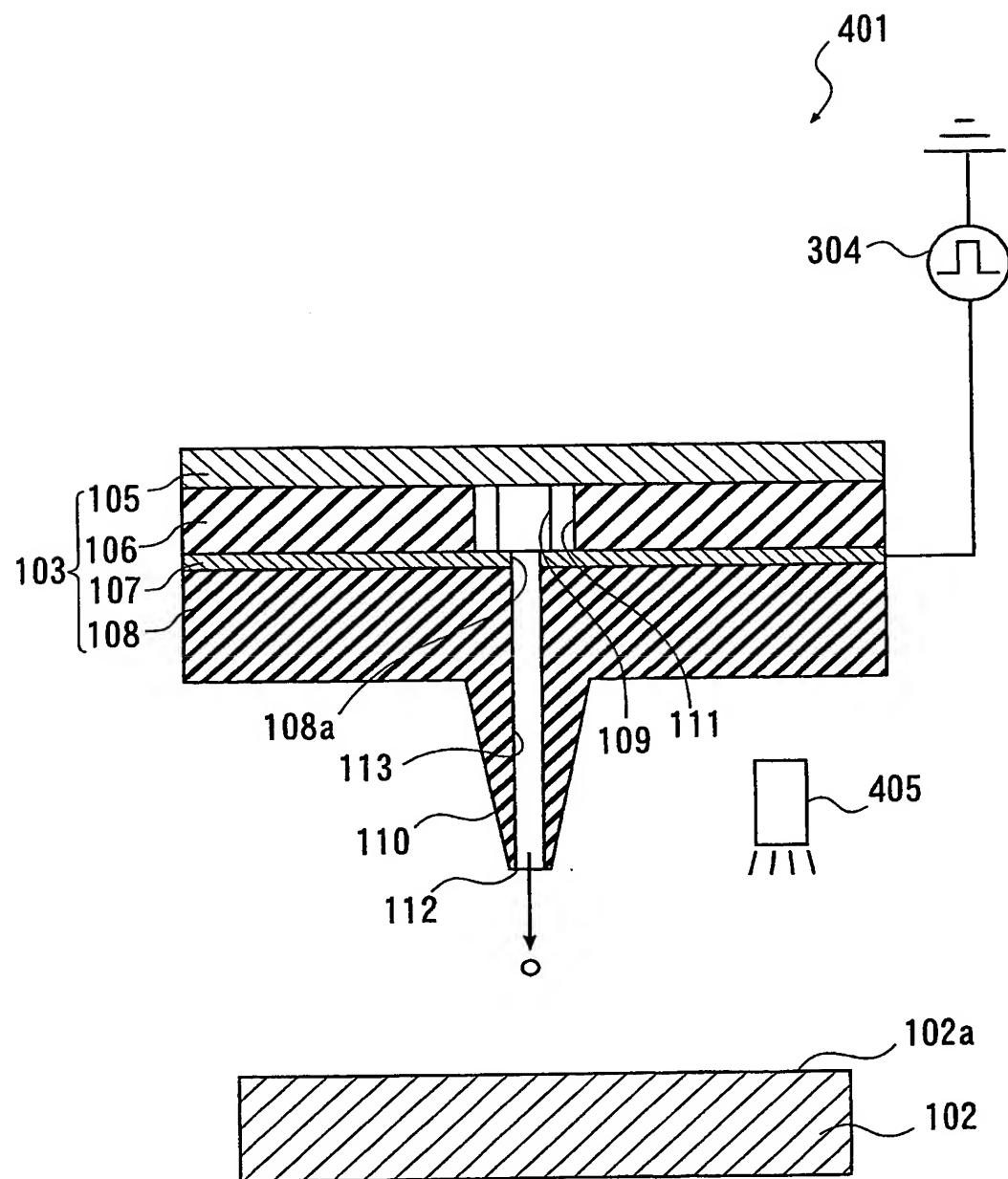
(b)



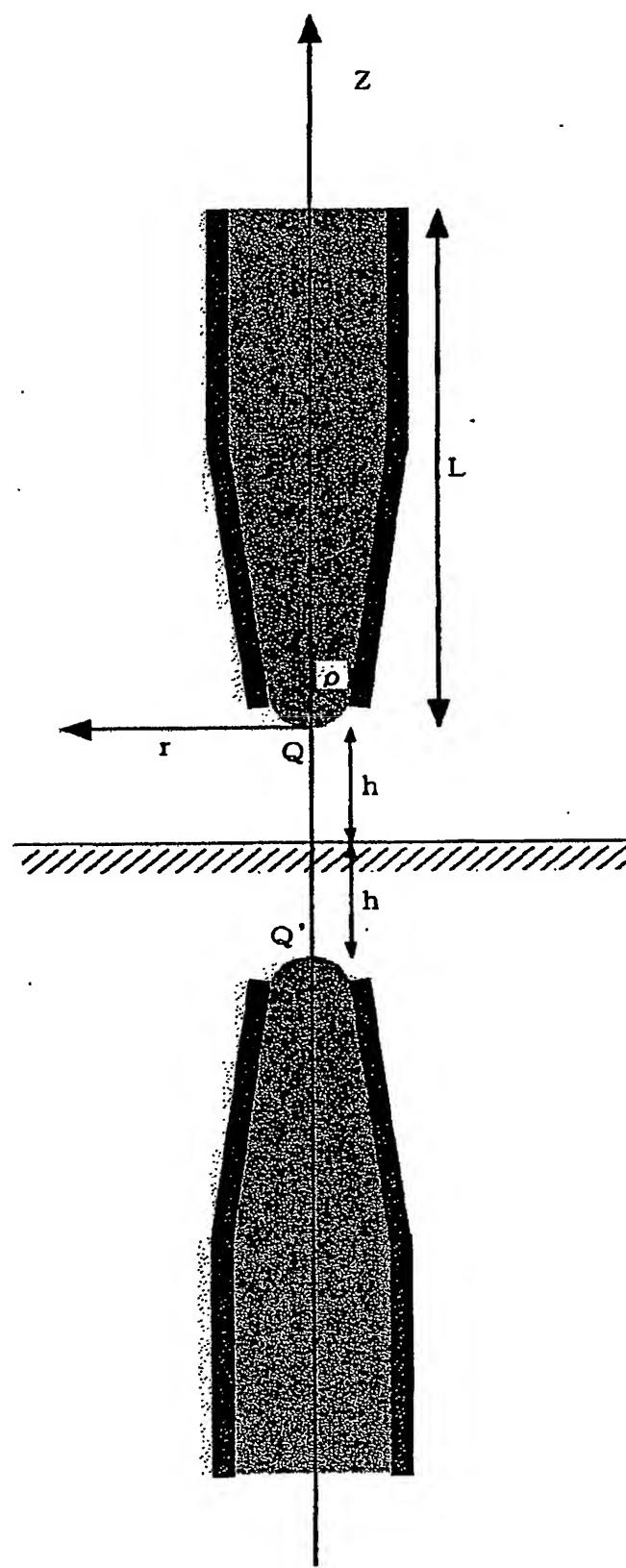
【図18】



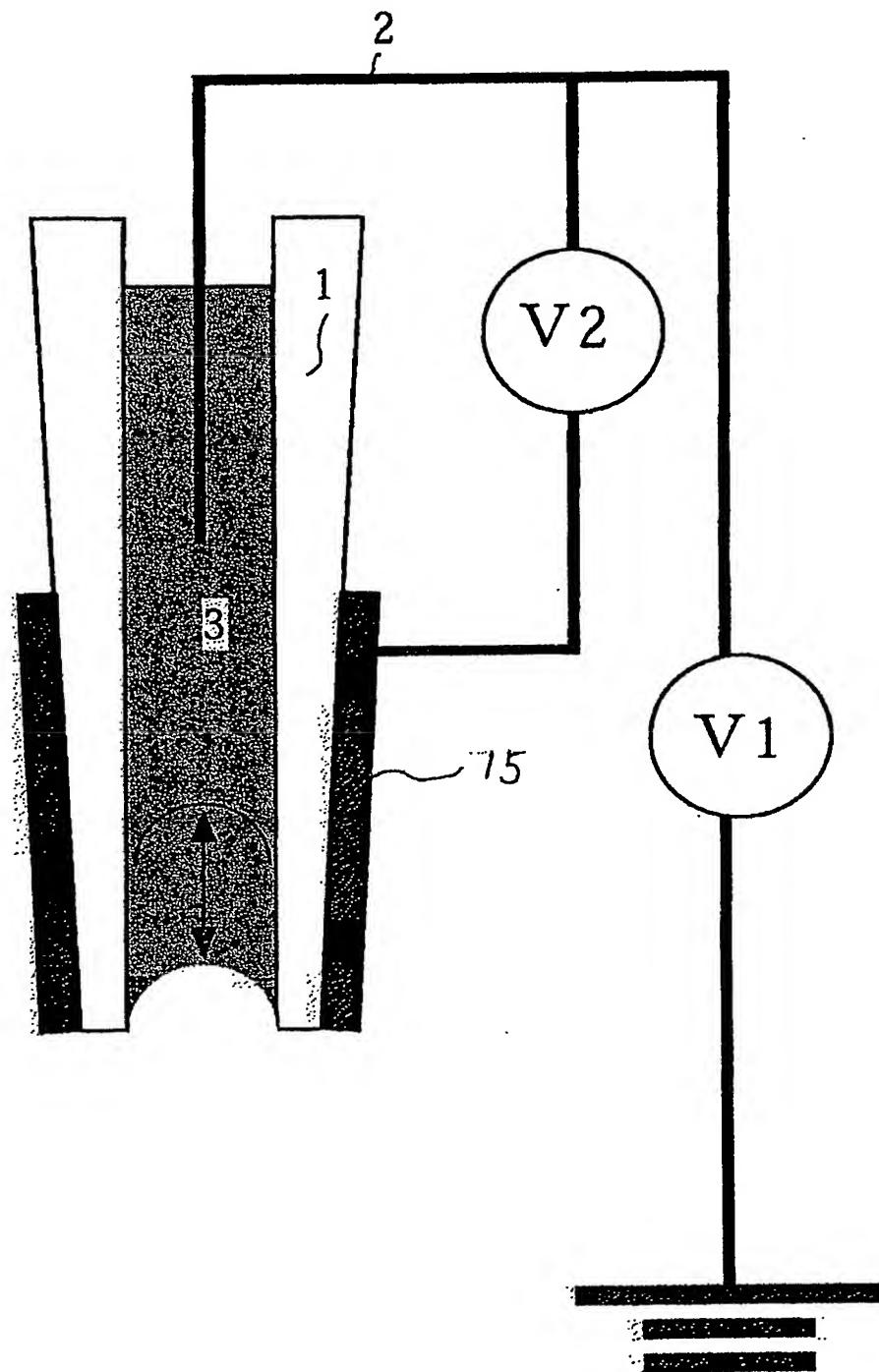
【図19】



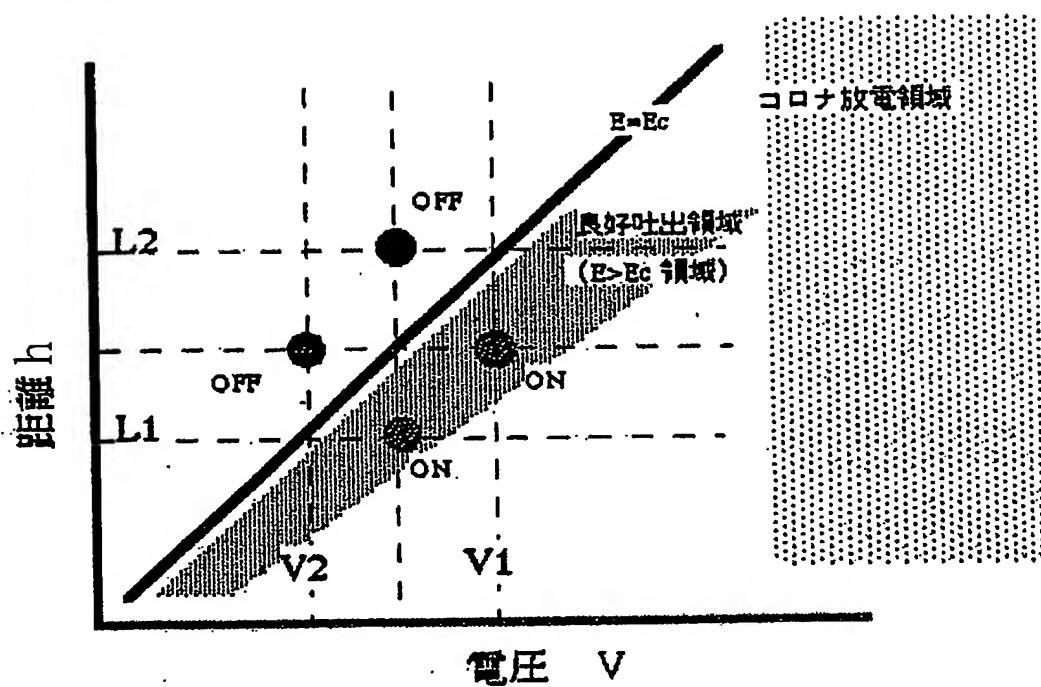
【図20】



【図21】



【図22】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】記録媒体のような基材が絶縁性であっても吐出される液体の量を一様にすること

【解決手段】静電吸引型液体吐出装置の液体吐出ヘッド103には、絶縁性基材102に向かって突出したノズル110が設けられており、ノズル110の先端には吐出口112が形成されている。液体吐出ヘッド103には吐出電極107が形成されている。吐出電極107には、定常電圧が定常電圧印加部104aによって印加されるが、定常電圧の値は次式のVsを満足する。次式： $V_s \leq V_{mid} - V_{|max-min|}$ 、 $V_{mid} + V_{|max-min|} \leq V_s$ 。但し、絶縁性基材102の表面電位の最大値をV<sub>max</sub>、最小値をV<sub>min</sub>とすると、 $V_{|max-min|} = |V_{max} - V_{min}|$ 、 $V_{mid} = (V_{max} + V_{min}) / 2$ である。

【選択図】図13

特願 2003-290612

## 出願人履歴情報

識別番号 [000001270]

1. 変更年月日 2003年 8月 4日

[変更理由] 名称変更

住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号  
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社

2. 変更年月日 2003年 8月 21日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号  
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社

特願 2003-290612

出願人履歴情報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
氏 名 シャープ株式会社

特願 2003-290612

出願人履歴情報

識別番号 [301021533]

1. 変更年月日 2001年 4月 2日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都千代田区霞が関 1-3-1  
氏名 独立行政法人産業技術総合研究所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**